

**LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

Ervins Stūrmanis

ĢEOINFORMĀCIJAS SISTĒMAS

Jelgava, 2005

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

ZEMES IERĪCĪBAS UN ĢEODĒZIJAS

KATEDRA

ĢEOMĀTIKAS KATEDRA

ERVINS STŪRMANIS

ĢEOINFORMĀCIJAS SISTĒMAS

*Mācību līdzeklis LIF
zemes ierīcības specialitātes studentiem*

Jelgava, 2005

Ģeoinformācijas sistēmas: Mācību līdzeklis LIF zemes ierīcības specialitātes
studentiem / sastādīja Ervins Stūrmanis - Jelgava: LLU, 2005. lpp.

Sastādīja: E.Stūrmanis

Recenzenti: prof. Anda Jankava, LLU

prof. Jānis Štrauhmanis, RTU

© Latvijas Lauksaimniecības universitāte, 2005

© Rīgas Tehniskā universitāte, 2005

© Ervins Stūrmanis, 2005

SATURA RĀDĪTĀJS

Priekšvārds	6
Terminu skaidrojums	7
Lietotie saīsinājumi	12
Ievads	14
1. Datu prezentēšana	17
1.1. Ģeogrāfiskie jeb telpiskie dati	17
1.2. Ko var izdarīt ar ĢIS ?	17
1.3. ĢIS datu kvalitāte un datu vērtība	19
1.4. ĢIS pielietošanas iespējas	19
1.5. ĢIS un inženiergrafika	21
1.6. Vēsture	21
1.7. ĢIS datu pamatformas	24
2. Rastra un vektoru grafikas modeļi	26
2.1. Rastra grafikas modelis	26
2.2. Rastra attēla glabāšana	27
2.3. Vektoru grafikas modelis	28
2.4. Vektoru grafikas elementi	29
2.5. Saliktie vektoru grafikas elementi	31
2.6. ĢIS datu glabāšana relāciju datu bāzēs	32
2.7. Rastra un vektoru grafikas modeļu salīdzinājums	32
2.8. Datu glabāšanas veidu salīdzinājums	33
3. ĢIS priekšstati un galvenie procesi	34
3.1. Datu modelēšana	34
3.2. ĢIS slāņi jeb apvidus objektu klases	36
3.3. ĢIS pārklājums un kategorijas	37
3.4. Datu ievade	38
3.5. Slāņu veidi un to atribūti	40
3.6. Datu noliktavas	43
3.7. Telpisko koordinātu sistēmas atbalsta funkcijas	44
3.8. Lineārās atskaites koordinātu sistēmas	46
3.9. Ģeokodēšana	46
3.10. Topoloģija	47
3.11. „Spageti” vektoru dati un to sakārtošana	48
4. Programmatūras saskarnes pamatprincipi	49
4.1. ĢIS ekrāna leģendas	49
4.2. Vaicājumi	50
4.3. ĢIS datu skati	51
4.4. Ekrāna mēroga skala un ziemeļu virziena norāde	54
4.5. Ekrāna skatā attēlojamie slāņi atkarībā no mēroga	54
4.6. Tematiskās kartes un grafiki	55
4.7. „Domu” jeb mentālās kartes	56
4.8. Notikumu vadīta tematiskā simbolika	56
4.9. ĢIS realizācija – resursdatori un klienta datori	57
5. Datu apmaiņa un standartizācija	59
5.5. OpenGeospatial Consortium organizācija	59
5.6. Apvidus objektu klasifikators	60
5.7. Telpiskie metadati	62

5.8. ES INSPIRE direktīva.....	62
5.9. Datu apmaiņas risinājumi.....	63
5.10. GML un SVG valodas.....	63
5.11. Telpisko metadatu vispārpieejams piemērs – OGC WMS Viewer.....	65
5.12. Ģeogrāfisko datu meklēšana caur katalogu serveri.....	66
6. ĢIS analītiskās metodes	76
6.1. Telpiskā analīze vektoru grafikai	76
6.2. Ģeometrijas analīze	76
6.3. Aprēķināmie ĢIS atribūti	77
6.4. Buferzonu vaicājumi	78
6.5. Sakrišanas analīze	79
6.6. Apkārtnes analīze	81
6.7. Analīze un nozares biznesa loģika	82
6.8. Rastra ĢIS metodes	82
6.9. Redzamības analīze	84
6.10. Hidroloģiskā modelēšana	85
6.11. Interpolācija.....	86
6.12. Tālīzpētes metodes	87
6.13. ĢIS projekta plānošana	88
6.14. Daži ĢIS aspekti	89
Nobeigums	90
Izmantotā literatūra un avoti	91

PRIEKŠVārds

Cilvēce pazīst vienkāršotus apvidus attēlus vairākus tūkstošus gadu, kartes – vismaz dažus simtus gadu kopš Lielajiem ģeogrāfiskajiem atklājumiem, bet datorus – mazliet ilgāk par 50 gadiem. Datorkartogrāfija, digitālā kartogrāfija, ciparu kartogrāfija tie ir tikai daži sarunvalodā lietotie termini vienam jēdzienam, kuru izmanto virknē saistītu nozaru. Pēc autora domām, informātikas attīstība un ar to saistīto tehnoloģiju izmantošana XX gadsimta beigās un XXI gadsimta sākumā ir bijusi ievērojami straujāka par dabisko latviešu valodas attīstības gaitu. Tāpēc plašākai sabiedrībai un Latvijas Zinātņu akadēmijas terminoloģijas komisijai vēl nav bijusi iespēja diskutēt par daudziem praksē lietotiem, no angļu valodas spontāniem aizgūtiem terminiem, kurus izmanto inženieri, mērniki un kartogrāfi, lai apzīmētu darbības precīzu plānu un karšu sastādīšanai ar informācijas tehnoloģijām. Pēc autora uzskata – dotajā brīdī notiek „klasisko” automatizētās projektēšanas *CAD*) un modelēšanas programmu saplūšana ar tipiskām ĢIS programmatūrām, un tāpēc ir pienācis laiks skatīt ģeoinformātikas programmnodrošinājuma sniegtās metodes plašākā kontekstā, neaprobežojoties tikai ar viena ražotāja vai kādas konkrētas parādības modelēšanas rīkiem.

Darba mērķis ir iepazīstināt topošos speciālistus ar to lielo programmatūras un datortehnikas risinājumu daudzveidību, kas paredzēti apvidus objektu datorizētai modelēšanai un ir cieši saistīti ar digitālajām kartēm un datu bāzēm. Grāmata ir tikai ievads ģeoinformācijas sistēmās.

Grāmata ir paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauku universitātes zemes ierīcības un vides inženierzinātnes studentiem, Rīgas Tehniskās universitātes ģeodēzijas specialitātes studentiem.

TERMINU SKAIDROJUMS

Afīnā transformācija	Transformācija ar 6 parametriem: koordinātu sistēmas pārbīdi divu asu virzienos, mēroga maiņu divu asu virzienos, rotāciju un koordinātu sistēmas asu neortogonalitāti
Attēlkarte	Karte datorā ekrānā, kur, noklikšķinot <i>peļi</i> noteiktā punktā, par šo punktu var iegūt nepieciešamo informāciju
Attēlu apstrāde <i>Image processing</i>	Aeroainu vai skenēto karšu ģeometriskā vai radiometriskā transformācija
Automātiskā kartēšana/komunikāciju vadība <i>Automated mapping/facilities management –AM/FM</i>	Ģeogrāfiskās informācijas sistēma, kas veidota komunikāciju kabeļu, cauruļvadu, elektrotīklu) informācijas optimālai apstrādei
Bilineārā interpolēšana jeb resamplēšana <i>Resampling</i>	Pikseļa vērtības noteikšana izvadattēla pikselim, atrodot svērto vidējo pikseļa vērtību no ievadattēla četriem pikseļiem
CCD sensors <i>CCD sensor</i>	Sensors ar gaismas jutīgu elementu virkni vai matricu
Ciparošana/digitizēšana/vektoriācija <i>digitizing, vectorization</i>	Datu ievades metode papīra kartes, plāna vai aerofotoainas pārveidošanai datorā lietojamā ciparu formātā, kuras rezultāts ir karte vektoru grafikā, pie kam iespējama kā manuāla, tā arī automātiska vai pusautomātiska ciparošana.
Ciparotājs/digitaizers <i>Digitizer</i>	Ievadierīce, ar kuru operators veic grafiskās informācijas pārveidošanu cipardatos un to ievadīšanu datorā.
Entītija <i>Entity</i>	Kādam konkrētam lietojumam sistēmai) nozīmīgs reāls vai abstrakts objekts vai šo objektu kopums.
Datorkartogrāfija <i>Digital cartography, computer aided cartography</i>	Datorkartogrāfija, digitālā kartogrāfija, ciparu kartogrāfija.
Datu bāze <i>Database</i>	Savstarpēji saistītu informacionālu objektu tematisks kopums, kas ar speciālas pārvaldības sistēmas starpniecību organizēts tā, lai nodrošinātu ērtu informācijas izguvi, izdarītu tās atlasī un kārtošanu
Datu klasifikācija <i>Data classification</i>	Viena no ģeneralizācijas metodēm, kad datus grupē pēc klases un līdzīgiem raksturojumiem, lai samazinātu datu elementu skaitu
Datu krātuve/datu noliktava <i>Warehouse</i>	Dažādu uzņēmumu uzņēmējdarbības sistēmas, kurās ir savākto nozīmīgo datu centrālā glabātuve. Ar terminu „datu noliktava” apzīmē lielizmēra datu bāzes.
Datu modelis <i>Data model</i>	Nosacījumu apraksts, pēc kuriem dati ir organizēti, vaicāti un atjaunoti informācijas sistēmā (parasti datu bāzes vadības programmatūrā)

Datu pārvēršana/konversija/ konvertēšana/ <i>Data conversion</i>	Datu vai programmu formāta izmaiņa. Process, kurā dati tiek pārveidoti no viena datu formāta citā, parasti konvertēšanu izpilda ar mērķi pārvietot datus no vienas sistēmas uz citu.
Datorizētā projektēšana/CAD <i>Computer aided design/CAD</i>	Datoru izmantošana tehnisku izstrādņu, t.sk. drukāto shēmu un integrēto shēmu projektēšanai. Datorizētas projektēšanas sistēmas parasti strādā dialogrežīmā un izmanto konkrētās nozares objektu izstrādei izveidotu speciālu programmatūru, grafikas ievadizvadi, skenerus un citas perifērijas ierīces.
Datu topoloģija <i>Topology</i>	Topoloģija ir matemātikas nozare, kas pēta figūru savstarpējā novietojuma īpašības, t.i. tādas īpašības, kuras nav atkarīgas no figūru izmēriem, un kuras paliek nemainīgas pie jebkādam deformācijām, izņemot figūru pārrāvumus un figūru apvienojumus. Ar datu topoloģiju telpiskajās datu bāzēs apzīmē izkārtojumu, kā punkti, līnijas un daudzstūri izmanto kopēju ģeometriju jeb koordinātu sarakstus no datu bāzes.
Digitālais apmaiņas formāts DXF <i>Digital exchange format DXF</i>	Projektēšanā un inženiergrafikā (datorizētajā projektēšanā, CAD) plaši pielietots, De Facto vektorgrafikas standarts datu pārvietošanai starp sistēmām, kuru pielieto arī ģeoinformātikas programmatūrā.
“Domu karte” <i>Mental map, cognitive map</i>	Kartogrāfiska rakstura uzmetums, kas attēlo telpisko izvietojumu un struktūru pēc cilvēka uztveres
Filtrēšana <i>Filtering</i>	Attēlu digitālās apstrādes metode, kas uzlabo rastra attēlu radiometrisku kvalitāti
Fotokarte, Fotoplāns <i>Photomap, Photoplan</i>	Samontēta transformēta aeroaina, kurā novērsti sagrozījumi, kas radušies ainas slīpuma rezultātā
Grafikas primitīvs/grafikas elements <i>Graphic primitive</i>	Pamata elements, piemēram, punkts vai lauza līnija, kas tiek izmantots, lai attēlotu apvidus objektu vektoru kartē
Ģeocentriskās koordinātas <i>Geocentric coordinates</i>	Astronomiskās koordinātas, kam sākumpunkts izraudzīts Zemes centrā
Ģeodēziskās koordinātas <i>Ground coordinates</i>	Koordinātas, kurās izsaka fotogrammetrisko mērījumu rezultātus; aerofotogrammetrijā – kartogrāfiskās projekcijas plaknes koordinātas un normālo augstumu
Ģeogrāfiskā karte <i>Geographical map</i>	Karte, kurā attēloti teritoriālie dabas un sociālekonomiskie kompleksi kā ģeosistēmas.
Ģeogrāfiskās informācijas sistēma – ĢIS/ģeoinformācijas sistēma/telpiskā informācijas sistēma <i>Geographical information system/GIS</i>	Organizēts datora aparātūras, programmatūras un ģeogrāfisko datu kopums, kas izveidots ģeogrāfiski piesaistītas informācijas ieguvei, uzglabāšanai, apstrādei, atjaunošanai un vizualizēšanai.
Ģeogrāfisks objekts/Apvidus	Apvidus objekts ir kopums, kurš sevī ietver:

objekts/Reālās pasaules objekts <i>Geographic object</i>	telpisko aprakstu; īpašību aprakstu; iespējamo darbību aprakstu.
Ģeokods <i>Geocode</i>	Ģeokods parāda apvidus objekta telpisko novietojumu pēc adreses, pasta koda, koordinātām vai kāda cita, viennozīmīga kodējuma.
Ģeokodēšana <i>Geocoding</i>	Ģeokodēšana ir atbilstības noteikšana starp koordinātām un adresēm vai pasta indeksiem.
Ģeomātika <i>Geomatics</i>	Ģeotelpiskās informācijas pārvaldības zinātne un tehnoloģija, kas ietver ģeogrāfisko atsauču informācijas iegūšanu, glabāšanu, analīzi, apstrādi, atveidi un izplatīšanu.
IKONOS	Firmas “ <i>Space Imaging</i> ” satelīts, ar kuru iegūst augstas izšķirtspējas datus
Inženiertehniskās komunikācijas <i>Utilities</i>	Inženiertehniskās komunikācijas ir gāze, ūdensvads, kanalizācija, telkomunikāciju tīkli u.c.
Īpašums <i>Property/ownership</i>	Tas, uz ko ir pilnīgas varas tiesības, t.i., tiesības to pārvaldīt un lietot, iegūt no tā visus iespējamus labumus, rīkoties ar to, nodot citai personai un atprasīt no tās, arī attiecīgais piederības veids, kam raksturīgas šādas tiesības
Kadastra apzīmējums <i>Cadastral marking /cadastral designation</i>	Viennozīmīgs un nemainīgs identifikators (ciparu kombinācija), ko piešķir nekustamā īpašuma objektam un zemes vienības daļai
Kadastra karte <i>Cadastral map, cadastral index map</i>	Kadastra informācijas sistēmas telpiskie dati, kas attēlo kadastra objektus un zemes vienības daļas.
Kadastra numurs <i>Cadastral number</i>	Viennozīmīgs un nemainīgs identifikators (ciparu kombinācija), kuru piešķir nekustamajam īpašumam
Kartes algebra <i>Map algebra</i>	Rastra datu slāņu kombinēšanas metode
Kartes funkcija, adresējums <i>Function of map, map purpose</i>	Kartes mērķis, tās lietotāju kategorijas un uzdevumi, kas jārisina pēc dotās kartes.
Kartes lapas kompozīcija <i>Assemblage</i>	Kartē attēlotās teritorijas robežu, kartes nosaukuma, leģendas, papild- un palīgelementu izvietojums kartes lapā
Kartes leģenda <i>Legend</i>	Atsauces apgabals kartē, kas uzskaita saraksta veidā un paskaidro krāsu, simbolu, iesvītrojumu, ēnojumu un ēnojumu nozīmi kartē. Katrs kartes simbolu leģendā paskaidro vienu reizi. Leģenda var saturēt arī kartes mērogu un lietoto projekciju.
Kartogrāfiskā ģeneralizācija <i>Cartographic generalisation</i>	Jebkura informācijas apjoma samazināšana kartē ar mērķi padarīt karti skaidri lasāmu pie lielākiem kartes mērogiem.
Kartogrāfiskās projekcijas <i>Map projections</i>	Kartogrāfiskās metodes, ar kurām liekto zemes virsmu attēlo plaknē (ekrāna plaknē, papīra izdrukā plaknē). Visām kartogrāfiskajām

	projekcijām ir sagrozījumi.
Kontrolētā klasificēšana <i>Controlled clasification</i>	Rastra analīzes – klasificēšanas paņēmieni, kad katrai objektu klasei ir vismaz viens atbalsta apgabals, lai no tā varētu iegūt klašu iedalījuma kritērijus
Kubiskā interpolācija jeb resamplēšana <i>Cubic convolution</i>	Vērtības noteikšana izvadattēla pikselim, atrodot svērto vidējo pikseļa vērtību no ievadattēla 16 pikseļiem
Lāzerskenēšana <i>Laser scanning</i>	Metode, ar kuras palīdzību ātri iegūst reālās pasaules objektu trīs dimensiju modeļus. Ar lāzera skeneri nosaka attālumu līdz atstarojošai objekta virsmai un šos datus automātiski uzkrāj datu bāzē.
Multispektrālā klasificēšana <i>Multispectral classification</i>	Rastra analīzes – attēlu digitālās apstrādes metode, ar kuru objektus iedala klasēs pēc atstarotā spektra sastāva
Ortofototēls <i>Ortophoto image/ Ortophoto</i>	Zemes virsas attēls, kurā novērsti sagrozījumi, kas fotografēšanas brīdī radušies ainas slīpuma un reljefa ietekmē
Ortofotokarte <i>Orthophotomap</i>	Ortofoto attēls, kas atbilst noteiktai karšu lapu nomenklatūrai
<i>Quickbird</i>	Firmas “Eurimage” satelīts, ar kuru iegūst augstas izšķirtspējas satelītattēlus
Panhromātisks <i>Panchromatic</i>	Jūtīgs pret visa garuma gaismas viļņiem redzamajā spektrā.
Radara sistēmas <i>Radar systems</i>	Tālīzpētes aktīvās sistēmas, kurās izmanto elektromagnētisko starojumu, ko rada pati datu ieguves sistēma, izstarojot noteiktas frekvences mikroviļņu starojumu viļņu garumu diapazonā starp 1 un 100 cm
Rasterizācija <i>Rasterisation</i>	Datu konvertēšana no vektorformāta uz rastra formātu
Rastra grafika <i>Bit-mapped graphics, raster graphics</i>	Telpisko datu modelis, kas apraksta telpu kā vienāda izmēra pikseļu masīvu ar diskrētām pikseļu vērtībām. Pikseļu masīvs ir izkārtots rindās un kolonnās, pie kam ikvienam pikselim bez vērtības var būt piekārtas koordinātas (ja rastra grafika ir ģeoreferencēta)
Resamplēšana <i>Resampling</i>	Vērtību piešķiršana rastra izvadattēlam no ievadattēla. Vērtību aprēķinam var tikt lietots bilineārā, kubiskā vai „tuvākā kaimiņa” resamplēšanas algoritms
Satelītattēls <i>Satellite image</i>	Rastra attēls, kuru iegūst no kosmiskā aparāta
Servitūts <i>Servitude/easement</i>	Likumā noteikts pienākums zemes īpašniekam atļaut izmantot kādu viņa teritorijas daļu, esošos ceļus u.tml., lai citi īpašnieki nokļūtu pie saviem īpašumiem, varētu iekārtot dažādas komunikācijas.
Skeneris <i>Scanner</i>	Iekārta, kas ar gaismas stara palīdzību nolasa papīra oriģinālu (karti, plānu, manuskriptu) un saglabā informāciju rastra formātā. Skeneris var

	būt arī iekārta, kas novietots lidaparātā un uztver elektromagnētisko starojumu, kurus atstaro vai emitē zemes virsma.
Tālizpēte <i>Remote Sensing</i>	Zinātnes un ražošanas nozare, kas nodarbojas ar objektīvas informācijas par Zemi, procesiem un stāvokli uz tās ieguvī, mērīšanu, analīzi un vizualizāciju, izmantojot datu ieguvī ar bezkontakta attēlu veidojošām sistēmām
Tālizpētes aktīvās metodes <i>Active methods of remote sensing</i>	Metodes datu ieguvei izmantojot mākslīgi radītu elektromagnētisko starojumu
Tālizpētes pasīvās metodes <i>Passive methods of remote sensing</i>	Metodes datu ieguvei izmantojot dabisko elektromagnētisko starojumu
Telpiskā līdzības transformācija <i>Spatial similarity transformation</i>	Telpiska transformācija ar 7 parametriem: pārbīdēm 3 koordinātu asu virzienos, 3 rotācijām un mērogu
Telpiskie dati; ģeodati <i>Spatial data</i>	Informācija par apvidus objektu novietojumu un izmēriem, kā arī savstarpējām attiecībām.
Topogrāfija <i>Topography</i>	Zinātnes nozare, kas pētī ģeodēziskās uzmērīšanas metodes topogrāfisko karšu un plānu veidošanai
Topogrāfiskie apzīmējumi Topographic symbols	Standartizēti, oficiāli apstiprināti apzīmējumi objektu un elementu attēlošanai topogrāfiskajās kartēs un plānos
“Tuvākā kaimiņa” resamplēšana <i>nearest neighbour resampling</i>	Pikseļa vērtības pārņemšana no ievadattēla uz izvadattēlu neveicot interpolāciju
Vektorgrafika <i>Vector graphics</i>	Visplašāk pazīstamais grafisku datu attēlošanas veids, kuru izmantojot datora izvadierīce vektorus attēlo, pa punktiem zīmējot tiem atbilstošas taisnes un līknes. Telpisko datu modelis, kas balstīts uz koordinātu sarakstiem.
Zemes vienība <i>Land parcel/ plot/lot</i>	teritorija ar nekustamā īpašuma objekta noteikšanas procesa rezultātā apvidū un kartogrāfiskā materiālā izveidotām robežām

LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

CIT	Firmas <i>Intergraph</i> divkrāsu rastra formāts
DBF	<i>DBASE</i> , <i>FOXPRO</i> atribūtu datu bāzes formāts, lietots vairāku firmu programmatūrā
DGN	Firmas <i>Bentley MicroStation</i> vektoru datu formāts
DPI	<i>Dots Per Inch</i> punkti uz collu, datu izvades un ievades iekārtās pieņemtais standarts, lai apzīmētu iekārtas fizisko izšķirtspēju
DWG	Firmas <i>AutoDesk AutoCad</i> vektoru datu formāts
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i> – ĢIS programmatūras izstrādes firma
GML	<i>Geography Markup Language</i> – ģeogrāfiskās iezīmēšanas valoda
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> – Globālās mobilo sakaru sistēmas paplašinājums, kas nodrošina datu pakešu pārraidi
GPS	<i>Global Positioning System</i> – Globālā pozicionēšanas sistēma (ģeodēzija)
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i> – apvienotā fotoekspertu grupa, kas izstrādājusi JPEG kompresijas algoritmu rastra attēlam. Termins tiek izmantots, lai saīsināti apzīmētu JPG formāta kompresēto rastra failu
OGC	<i>OpenGeospatial Consortium</i> – atvērtā telpisko datu standartu izstrādes organizācija
MIF	Firmas <i>Mapinfo</i> datu apmaiņas vektoru datu formāts
MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i> – Multivides ziņojums (mobīlie sakari)
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i> – personālais ciparu asistents, plaukstdators
IGES	Mašīnbūvē pielietots vektoru grafikas formāts
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> starptautiskā standartizācijas organizācija, kurā pārstāvētas 145 pasaules valstis
IT	Informācijas tehnoloģijas
LIDAR	<i>Light Intensity Detection and Ranging</i> – tālīzpētes tehnoloģija
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i> – dators ar reducētu procesora instrukciju kopu
SHP/SHAPE	Viens no firmas <i>ESRI</i> vektoru datu formātiem, plaši izmantots datu apmaiņā
SMS	Īsziņa (mobīlie sakari)
SQL	<i>Structure Query Language</i> – strukturētā pieprasījumu valoda, izmantojama relāciju datu bāzēs
STEP	Mašīnbūvē pielietots vektoru grafikas formāts

SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i> – interneta vektoru grafikas formāts
XML	eXtensible Markup Language – paplašināmās iezīmēšanas valoda, XML valoda, kas speciāli izstrādāta darbam ar internet dokumentiem
WFS	Web Feature Service – OpenGeoSpatial Consortium specifikācija vektoru datiem Internetā
WMS	Web Map Server Specification – OpenGeoSpatial Consortium specifikācija rastra kartēm Internetā
WYSIWYG	<i>What You See Is What You Get</i> – Attēlu veidošanas metode displeja ekrānā, ko izmanto datorgrafikā, un kas dod iespēju lietotājam ekrānā iegūt tādu kartes attēlu, kas pēc sava izskata (fontiem, formāta, simboliem utt.) atbilst tās drukātajam veidolam.

IEVADS

Dati, kas ir sistematizēta un katalogizēta informācija, satur sevī telpisko jeb ģeogrāfisko komponentu – piesaistes vietu zemeslodei, uz kuras dzīvojam. Piesaistes var būt tiešas, izmantojot cilvēces vēsturē aprobētas koordinātu sistēmas, piemēram, ģeogrāfiskās koordinātas, vai arī – netiešas, kā adrese. Katrai adresei var atrast tās saistītu ar konkrētām koordinātēm (vai koordinātu intervālu), tāpēc var apgalvot, ka milzīgi datu apjomi, kas saistīti ar sabiedrības sociālo vai ekonomisko dzīvi patiesībā ir **ģeogrāfiski piesaistāmi**.

„Ģeogrāfiski piesaistīti dati” šajā kontekstā nozīmē tādas entītijas (vērtīgos lielumus IT izpratnē), kurām ir zināmas koordinātas. Šādus datus var attēlot ciparu kartēs vai ģeogrāfiskajās informācijas sistēmās.

Ģeogrāfiskajai informācijas sistēmai ir vairāki desmiti iespējamo definīciju. Uzskaitītas trīs biežāk citētās:

- Efektīvu līdzekļu kopums, kuri ļauj savākt, uzkrāt, apkopot, pārveidot un attēlot reālās pasaules telpiskus datus. (**Burrough 1986**)
- Manuālu vai datorizētu operāciju kopums, kuru mērķis ir uzkrāt un manipulēt ar ģeogrāfiski piesaistītiem datiem. (**Aronoff 1989**)
- Lēmumpieņemšanu atbalstoša sistēma, kura iekļauj sevī telpiski piesaistītu datu integrāciju (sasaisti) ar problēmas (uzdevumus) risinošu vidi. (**Cowen 1988**)

Ģeogrāfiskajai informācijas sistēmai ir piecas galvenās sastāvdaļas:

1. Dati;
2. Programmatūra;
3. Personāls (cilvēki), kas rīkojas ar datiem un programmatūru;
4. Metodes;
5. Tehnika

Dažkārt ĢIS definē arī kā informācijas tehnoloģiju sistēmu (saīsināti apzīmē ar IT), kura sastāv no augstākminētajām sastāvdaļām.

ĢIS tiek traktēta gan kā instruments, gan arī kā patstāvīga zinātnes nozare (**Goodchild**).

ĢIS metodes ir datu analīzes metodes, kas vispārīgā gadījumā sakrīt ar IT nozares pieņemtajām nostādnēm, piemēram, strukturētās pieprasījumu valodas (*SQL*) izmantošana pieprasījumiem no datu bāzes.

ĢIS izmanto modeļus reālās pasaules atspoguļošanai, bet šādiem modeļiem nav obligāti jābūt kartogrāfiskiem, drīzāk tie ir uz apvidus objektiem orientēti telpisko problēmu risinājumi.

Telpiskais jeb ģeogrāfiskais komponents ĢIS ir tas, kas nosaka specifisku pieeju un kartogrāfijas sfēru pielietojumu:

- teorētiskā kartogrāfija (nosaka pētāmās entītijas)
- tematiskā kartogrāfija (nosaka vizualizācijas principus ekrāna un papīra kartēm)
- topogrāfiskā kartogrāfija – nosaka satura elementus.

Ģeodēzija, fotogrammetrija un tālīzpēte ne tikai piepilda ĢIS datu bāzes ar datiem, bet arī izmanto ĢIS tehnoloģijas.

ĢIS ir kompleksa zinātņu nozare (sk. 1. attēlu), kas joprojām atrodas savas attīstības pirmajā posmā, kad terminoloģija nav nostabilizējusies ar vispārpieņemtiem terminiem. Autora viedoklis ir balstīts uz praktiskajiem ieguvumiem, kurus nodrošina ĢIS kā tehnoloģiska platforma, kurai nav alternatīvas informācijas tehnoloģiju laikmetā. Strauji mainīgā, jaunā ĢIS zinātne un saistīto nozaru zinātņu attīstība pārredzamā nākotnē pienesīs skaidrus terminus, kuru latviskie tulkojumi vēl ir plašs darba lauks nākošo ĢIS publikāciju autoriem.

Virkne jēdzienu, kas tiek lietoti angļu valodā, lai apzīmētu ĢIS kā tehnoloģiju:

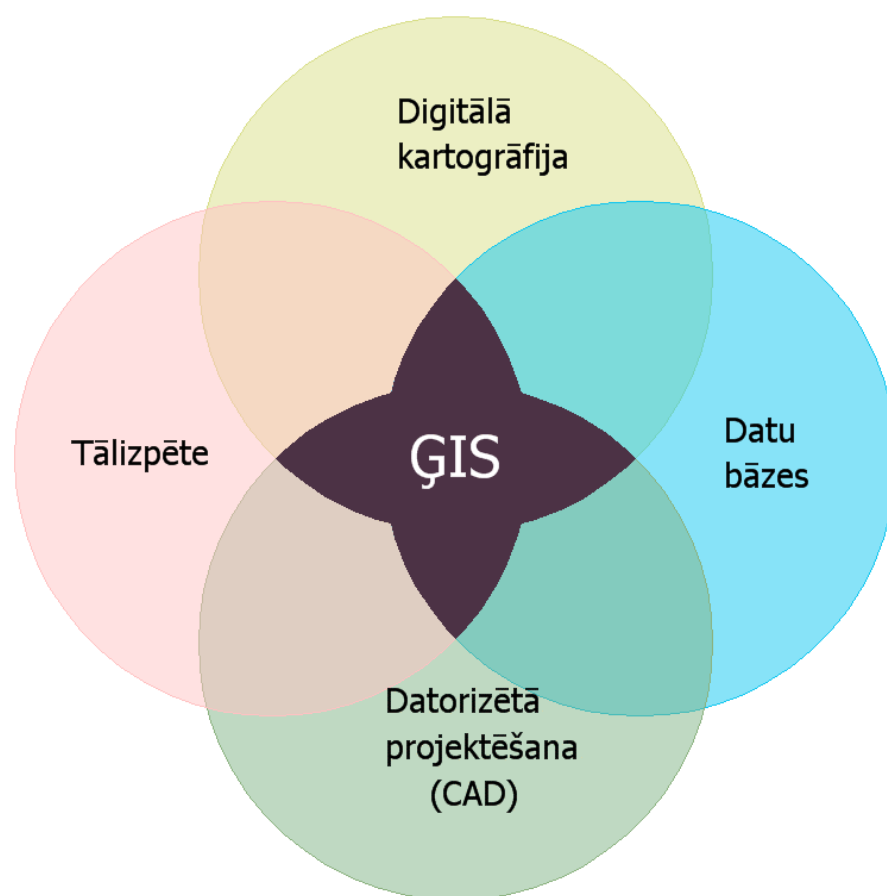
- *Spatial information systems*
- *Geospatial information systems*
- *Geographics information systems*

Pie nosacīti tuviem jēdzieniem varētu pieminēt:

- *Geoengineering*
- *Multipurpose cadastre*

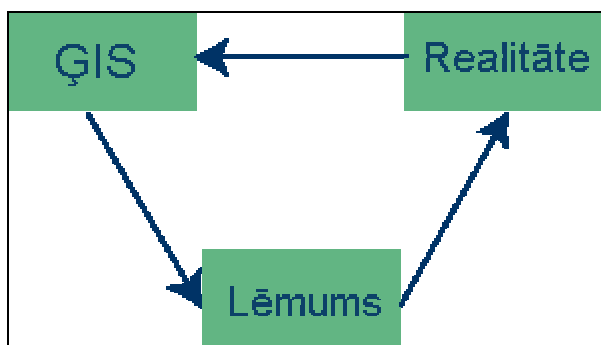
Latviešu valodā ģeogrāfisko informācijas sistēmu pamati ir apskatīti darbā „Mūsdienu Latvijas topogrāfiskās kartes” [5], bet daudzmērķu kadastra datorizētais komponents ir ieskicēts grāmatā „Zemes izmantošana un kadastrs Latvijā” [11]

Šīs grāmatas nosaukumā ir izmantots LU profesora Jāņa Baloža ieteiktais termins „Ģeoinformācijas sistēmas”, kas ir lietots Latvijā sākot no deviņdesmito gadu otrās puses un, pēc autora uzskata, var būt izmantots kā sinonīms terminam „**Ģeogrāfiskās informācijas sistēmas**”, saīsināti – „**ĢIS**”.



1. attēls. ĢIS kā kompleksa zinātņu nozare.

Apskatot ĢIS kā lēmumu pieņemšanas atbalsta rīku, ir jāpiemin lēmumu pieņemšanas un realizācijas apvidū cikls jeb aplis (sk. 2. attēlu).



2. attēls. ĢIS lēmumu pieņemšanas un realizācijas aplis.

ĢIS sniedz atbildes uz jautājumiem par optimālo risinājumu dabas un sociālo resursu plānošanā un izmantošanā, amatpersona pieņem lēmumu. Lēmuma izpildes gaitā notiek izmaiņas apvidū (realitātē), kuras uzmēra, vai kā citādi fiksē, un šīs izmaiņas ievieš ĢIS datu bāzē. ĢIS ir tikai rīks, kas palīdz pieņemt pareizu lēmumu.

Teorētiski ĢIS var darboties arī apstākļos, kad netiek izmantoti datori. Šādā gadījumā aprakstošos datus izkārto tabulās un izmanto papīra kartes. Tomēr, mūsdienu izpratnē, ĢIS tehnoloģija ir nesaraujami saistīta ar datorgrafiku jeb, precizējot, – tās inženiergrafikas apakšnozari.

ĢIS arī nav iedomājama bez sfēriskās (augstākās) ģeodēzijas disciplīnas. Ikviens aprēķins modernajās sistēmās notiek, projicējot izmērītās koordinātas uz zemes matemātiskā modeļa (elipsoīda), un, tikai tad aprēķinot plaknes projekcijas koordinātas.

ĢIS vajadzībām ir izveidoti daudzi simti specifisku datorprogrammu un to moduļu. Šajā darbā kā piemērs nozarei kopējo tehnoloģisko risinājumu un programmu iespēju raksturošanai ir izmantota *Intergraph Geomedia* ĢIS programmatūra. Tuva vai līdzīga funkcionalitāte būs atrodama arī citās ĢIS programmās – *ESRI ArcGis*, *ArcInfo* vai *Mapinfo*. Datorprogrammu lietotāja saskarnes ir atšķirīgas, jo tās kalpo konkrētu darba uzdevumu sasniegšanai, bet tehnoloģiskās normas, piemēram, kartes sagatavošana izdrukai uz printera, ir salīdzinoši vienādas, ja apskatām vienas kategorijas programmas.

1. DATU PREZENTĒŠANA

1.1. Ģeogrāfiskie jeb telpiskie dati

Katrai telpiskai datu kopai ĢIS datu krātvē jāatbilst trijiem galvenajiem nosacījumiem:

- Objektiem jābūt attēlojamiem ar koordinātēm vai jau jāsaturs iepriekš uzmērītas koordinātas;
- Objektiem jāsaturs aprakstošie jeb atribūtu dati;
- Grafiskajiem elementiem, kuri attēlo apvidus objektus, jābūt topoloģiski sakārtotiem.

Apskatāmie apvidus objekti ir jādefinē projekta sākuma fāzē – sistēmas analīzē. Iespējama arī situācija, kad apvidus objektu definīcijas tiek ņemtas no nozares standartu krājuma, vai arī – no kāda starptautiska standartu krājuma.

Apvidus objektu attēlo ar grafikas elementiem, kuri izkārtojas ĢIS slāņos (dažkārt lieto apzīmējumu „ĢIS tēma”). Koordinātas ir īpašība, kas piemīt grafikas elementiem. Tās var iegūt:

- ciparošanas procesā (no vecajiem karšu materiāliem);
- izmērīt ar mērniecības vai fotogrammetrijas tehniku;
- iegūt ar ģeokodēšanas metodi (sk. 3.9. nodaļu).

Aprakstošie jeb atribūtu dati nav obligāti visiem slāņiem (piemēram, kartes noformējuma elementiem), bet tie ir absolūti nepieciešami tām datu kopām, kuras tiek pētītas, lai izdarītu spriedumu par lēmuma pieņemšanas pamatotību. Piemēram, atribūti ir vajadzīgi zemes vienībām (grafikas elements – daudzstūris), lai noskaidrotu zemes kadastrālo vērtību un atļauto izmantošanas veidu, kas ir būtisks lēmuma pieņemšanas kritērijs.

Koordinātas var uzskatīt par obligāto atribūtu, bez kura nav iespējama grafikas elementa attēlošana kartē.

1.2. Ko var izdarīt ar ĢIS ?

Ar ĢIS palīdzību var izpildīt kartogrāfiskus darbus un inženiertehniskus aprēķinus, veikt statistiskos pētījumus uz ģeogrāfisko materiālu bāzes, piemēram:

- **sastādīt un uzdot vienkāršus** telpiskos vaicājumus, piemēram – noteikt atrašanās vietu pilsētai vai ciemam pēc ģeogrāfiskā garuma/platuma, vai arī – pēc citu apdzīvotu vietu tuvuma (piemēram, Olaine atrodas starp Rīgu un Jelgavu);
- atbildēt uz jautājumiem ātrāk un precīzāk, balstot pieņemto lēmumu uz vaicājuma atbildi no ĢIS;
- **vizualizēt** cilvēkam intuitīvi saprotamu informāciju, piemēram, attēlojot priekšpilsētas un dārzkopības kooperatīvus ap lielpilsētu citā krāsā, vai ar skaidri izteiktu šķērsvītrojumu;
- **sastādīt un izpildīt** telpiskos vaicājumus vienlaicīgi daudzos, dažādos telpiskajos un atribūtu datu kompleksos, piemēram, ģeogrāfiskajā kartē, VZD

- kadastra reģistrā, detaļplānojumā, iedzīvotāju reģistrā un vēl daudzos citos avotos, neatkarīgi no **to** datu formāta;
- **grafiski „pārvietoties” pa datu slāņiem**, un, pēc vajadzības, pietuvināt karti kādā ģeogrāfiskā vietā,
 - **izzināt savstarpējās sakarības un saistības** starp informācijas vienībām datu modelī;
 - **efektīvāk plānot jebkādus darbus**, kas saistīti ar objektu, subjektu vai resursu izvietojumu dabā (telpā);
 - **ietaupīt līdzekļus** tādos darbu veidos, kas ietver, bet neaprobežojas ar :
 1. mērīšanu un novērtēšanu;
 2. projektēšanu un celtniecību;
 3. remontdarbiem un uzturēšanu;
 4. telpā izklaidētu resursu pārvaldību;
 5. transporta uzdevumiem.
 - **izglītēt sabiedrību** ar aktuālām kartēm un plāniem, grafikiem un tabulām Internetā, vai, projektu sabiedriskajās apspriešanās – ar kvalitatīvām izdrukām.

Tipisks ĢIS datu vienības „dzīves” cikls:

- 1) projektētājs ieprojektē ceļa zīmi;
- 2) būvnieks to uzstāda;
- 3) mērnieks uzmēra faktisko zīmes vietu;
- 4) ĢIS operators ievada datus (aizpilda datu bāzi ar ziņām par jauno ceļu zīmi);
- 5) ceļa zīme tiek pēc kāda laika bojāta;
- 6) ceļu uzturētājs ziņo par bojājumu, ziņas nonāk ĢIS;
- 7) būvnieks uzstāda jaunu ceļa zīmi mazliet citā ceļa posmā;
- 8) mērnieks uzmēra faktisko zīmes vietu;
- 9) ĢIS operators izlabo datu bāzi, lai atspoguļotu jauno ceļa zīmes novietojumu. u.t.t.

Izmaiņas dabā (apvidus objektos) izraisa izmaiņas ĢIS datu bāzē, kas atspoguļojas arī digitālajās kartēs, kuras ir ĢIS sastāvdaļa. Savukārt, ĢIS ir jāizmanto, lai plānotu jaunas izmaiņas apvidū un tās sekmīgi realizētu dabā pēc iepriekš datorā pārbaudīta scenārija.

ĢIS uzdevums ir piegādāt rīku, ar kuru var aprēķināt iespējamās parādības attīstības scenārijus (vadības lēmumu atbalsta funkcija). Amatpersonai, pārvaldniekam vai īpašniekam tiek piedāvāti zinātniski pamatoti parādību attīstības scenāriji, sniegtas prognozes un ieteikumu komplekti, kas bāzēti uz ĢIS datu statistisko analīzi.

ĢIS sniegtās priekšrocības:

- paaugstināts potenciāls vadības lēmumu pieņemšanā;
- spēja prognozēt situāciju apvidū pēc vadības lēmuma realizācijas;
- spēja ievērtēt ģeogrāfiskos, sociālos, ekonomiskos faktorus vides modeļos;
- kvalitatīvākas kartes,
- ērtākas darbības ar grafiskajiem un ar atribūtu datiem;
- ērtāka datu uzglabāšana;
- uzlabota spēja komunicēt ar ieinteresētajām pusēm projektos.

Starptautu projekti, daudzu augstskolu sadarbības pētījumi, kā arī būvniecības objektu plaša un ilgstoša sabiedriskā apspriešana ir tikai daži no pielietojumiem, kur ĢIS gan kā tehnoloģija, gan arī kā zinātne dod savu pienesumu. ĢIS skaidri definē un nodala ieejošos (izejas) datus no rezultātu vizualizācijām. Tādējādi uz izejas datu bāzes pamata var tikt veidotas pēc patikas daudzas tematiskās kartes, kas nenonāk savstarpējā pretrunā, jo dati glabājas atšķirīgos slāņos. Komunicējot ar projektos ieinteresētajām

pusēm samazinās risks kļūdaini piesūtīt neaktuālas kartes, citā valstī nelietotas koordinātu sistēmas failus, vai arī – tematiskās kartēšanas mērķiem modificētus izejas datu slāņus, kas vairs nav lietderīgi tālākai karšu ģenerēšanai. Visi šie riski pastāv izmantojot tikai digitālās kartogrāfijas rīkus un CAD programmas.

1.3. ĢIS datu kvalitāte un datu vērtība

Atribūtu lauku skaits, to aizpildījums ar **aktuāliem datiem** un grafikas elementu savstarpējās topoloģiskās attiecības ir telpisko datu kvalitātes kritērijs.

Kvalitatīvu ĢIS datu esamība konkrētā uzņēmumā vai nozarē kopumā ir viens no faktoriem, kas jāņem vērā, plānojot ĢIS projektu, jo **datu izmaksas** praktiski jebkurā šādā projektā ir lielākas par aparātūras un programmatūras summārajām izmaksas.[10] Pēc dažādiem pētījumiem datu izmaksas sastāda 70–80 % no visām ĢIS projekta tāmes sadaļām.

ĢIS datu analītiskā vērtība izpaužas kā iespēja paredzēt un tādējādi novērst iespējamās dabas katastrofas, pārmērīgu negatīvo ietekmi uz vidi, kā arī novērtēt sociālos faktorus un statistikas datus telpiski. Piemēram, ar ĢIS var sekmīgi analizēt pēc patikas daudzus sociālos faktorus – iedzīvotāju nodarbinātību, vecumu, slimību izplatību, dzeramā ūdens krājumus, kvalitāti, patēriņu, izpētot tos pa vienam vai vairākiem Valsts ģeogrāfiskajā kontekstā. Katra šāda faktoru kombinācija telpiski, t.i. sasaistīta ar atrašanās vietu uz kartes, dos jaunus rezultātus, kurus varēs izmantot kā izejas datus nākošajās analīzes iterācijās. Tiklīdz kā dati par kādu reģionu ir nekvalitatīvi, neaktuāli vai arī – reģiona robežas datus nav identificējamus, tā samazināsies iegūto pētījumu ticamība. Visu kvalitātes faktoru kopsumma – aprakstošo datu kvalitāte, aktualitāte (savlaicīgums) un ģeogrāfiskās pozicionēšanas precizitāte vienlaicīgi padara ĢIS analīzi uzticamu lēmumu pieņemšanā.

ĢIS datu izmaksas ir saistītas ar pētāmo parādību telpisko raksturu – apvidus dati ir jāsavāc ar ģeodēzijas un fotogrammetrijas metodēm, izmantojot komplicētu tehniku un kvalificētu darbaspēku. Arī tad, ja datus iegūst no papīra kartēm, tos skenējot vai digitizējot, tad ir nepieciešami papildu izdevumi (ieskaitot transporta izmaksas) apvidus objektu un to īpašību precizēšanai dabā. Ja izpilda salīdzinājumu ar atribūtu datu apstrādes sistēmām (piemēram, grāmatvedības uzskaitē vai lietvedībā), tad uzkrāto telpisko datu lieli apjomi nereti nosaka nepieciešamību izmantot jaudīgāku un, līdz ar to, dārgāku datortehniku.

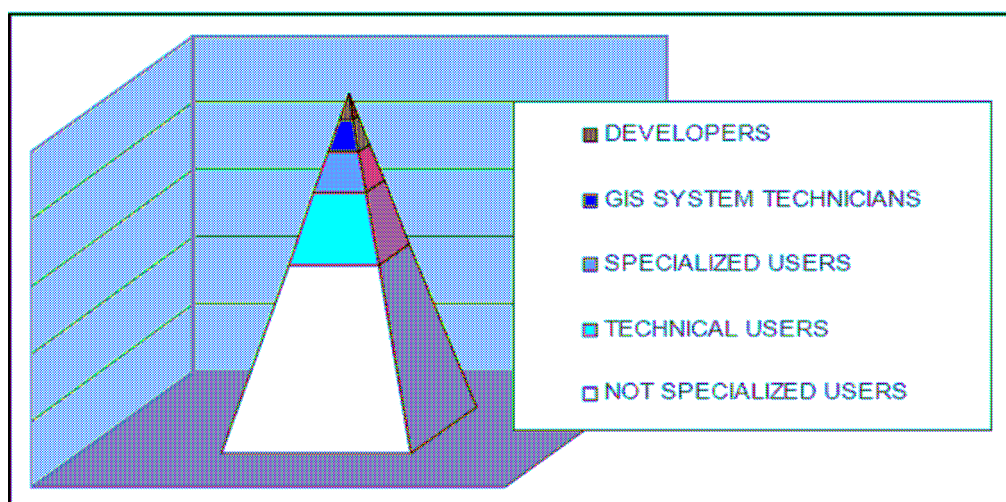
1.4. ĢIS pielietošanas iespējas

ĢIS ir relatīvi jauna tehnoloģija, kuras lietotāju loks tradicionāli ir veidojies uz ģeogrāfu un kartogrāfu bāzes, kā arī – piesaistot informācijas tehnoloģiju speciālistus. Tomēr savas attīstības pirmajās desmitgadēs ĢIS jau ir izveidojusies par plašākam lietotāju lokam nepieciešamu tehnoloģiju. Visai nepateicīgs būtu pilnīgs visu to profesiju un ražošanas sfēru uzskaitījums, kurās lieto ģeogrāfiskās informācijas tehnoloģijas vai plāno to darīt tuvākajā nākotnē. Pastāv iespēja droši norādīt uz tām nozarēm, kurās ĢIS tiek izmantota ilgstoši un pamatoti, kā viena no biznesa loģikas sastāvdaļām:

- kartogrāfija (topogrāfiskā un tematiskā);

- ģeodēzija;
- ģeoloģija;
- vides inženierija, ieskaitot daudzveidīgus lietojumus dabas aizsardzībā;
- aizsardzības sfēra;
- inženierkomunikāciju nozares (sakaru, elektropārvades, gāzes, siltumapgādes, ūdensapgādes un kanalizācijas apakšnozares);
- zemes ierīcība un lauksaimniecības resursu plānošana;
- mežsaimniecība;
- jūras un aeronavigācija;
- civilā aizsardzība un tās dispečerdienesti;
- Valsts aizsardzība;
- loģistika, transports u.c.

Neskatoties uz ievērojamo ĢIS lietotāju skaitu, ģeogrāfiskās informācijas sistēmas „būvēšanā” piedalās tikai aptuveni 5% no visiem iesaistītajiem speciālistiem (3. attēls). Tie ir augsti kvalificēti ĢIS analītiķi un sistēmu izstrādātāji, ieskaitot programmētājus.



3. attēls. ĢIS lietotāju sadalījums pa kategorijām.

Ievērojami lielāks skaits speciālistu lieto tā saucamās „personālā datora” (*desktop*) ĢIS programmas, lai analizētu ĢIS datus un veidotu tematiskās kartes savu tiešo darba uzdevumu ietvaros. Arī viņi sastāda aptuveni 5-10% no visiem lietotājiem.

Nākošā, plašākā kategorija ir specializēto informācijas sistēmu lietotāji, piemēram, vidēja ranga valsts ierēdņi vai inženierkomunikāciju firmu atbildīgie darbinieki. Šī kategorija visbiežāk lieto atsevišķas ĢIS funkcijas kādas citas datorsistēmas kontekstā. Piemēram, izmanto ĢIS lai pieņemtu lēmumu par projektējamā ceļa novietojumu apvidū. Visbeidzot, pēdējā un visdaudzskaitlīgākā kategorija ir parastie Interneta lietotāji, kas ikdienā, kopā ar citiem tīmekļa resursiem, izmanto arī kartes un plānus no Interneta. Tieši šī lietotāju kategorija arī relatīvi plaši pieprasa papīra karšu izdrukas un citus materiālus (tabulas, shēmas, diagrammas), kuras iegūtas ar ĢIS. Atšķirībā no iepriekšējām, pēdējie „nezin”, kas ir ĢIS, un, viņu tiešie darba pienākumi nemaz neprasa izzināt ģeogrāfiskās tehnoloģijas. Tieši tāpēc ĢIS analītiķi un programmētāji gatavo intuitīvi saprotamus risinājumus, kuri ir lietderīgi **katram lietotājam** bez priekšzināšanām kartogrāfijā, ģeodēzijā un datu bāzes tehnoloģijās. Nereti šie intuitīvie risinājumi izmanto tematiskās kartēšanas nozares atklājumus kā padarīt saprotamu vissarežģītākā rasējuma – kartes saturu.

1.5. GIS un inženiergrafika

Ar jēdzienu „datorgrafika” plašākā nozīmē apzīmē visas saistītās grafisko attēlu veidošanas un rediģēšanas darbības, kā, piemēram, fotogrāfiju skenēšanu un apstrādi, mākslinieku (dizaineru) darbu datorā, grāmatu maketēšanu un citas.

Datorgrafika iedalās mākslinieciskajā grafikā, biznesa grafikā un inženiergrafikā [3].

Katrai nozarei parasti tiek lietotas savas, atšķirīgas programmas, un, to kopskaits ir mērāms daudzos tūkstošos. Tomēr dažas datorgrafikas programmas ir tik populāras, ka to nosaukumus ir dzirdējis ikviens, kas interesējas par datoriem vai ar tiem strādā.

Mākslinieciskā datorgrafika ir pārstāvēta, piemēram, ar programmatūru *CorelDraw* vai *Freehand*. Tās lieto visplašākā spektra mākslas darbu, grāmatu ilustrāciju, plakātu, uzrakstu un pastkaršu zīmēšanai, arī attēliem internetā un televīzijā.

Biznesa datorgrafikas elementi ir iekļauti, piemēram, *Microsoft Office* programmās kā tabulu, grafiku un vienkāršu zīmējumu radīšanas rīki. Atšķirībā no mākslinieciskajiem datorgrafikas lietojumiem, biznesa grafika ir paredzēta šaurākiem uzdevumiem (piemēram – glīti noformēt tabulu), un, programmatūrai tāpēc ir jābūt maksimāli vienkāršai un ērti lietojamai arī lietotājam ar datora pamatzinībām.

Visbeidzot, vienkāršota datorgrafikas programmatūra ir arī mobilo telefonu, ciparu fotoaparātu, pat elektronisko pulksteņu un kalkulatoru aprīkojumā. Pārnēsājamo iekārtu datorgrafikas funkcijas strauji attīstās pēdējos gados ar SMS, MMS, GPRS un citu mobilo sakaru standartu attīstību, kas nodrošina ātru un lētu attēla pārraidīšanu.

1.6. Vēsture

Tiek uzskatīts, ka pirmie elektroniskie skaitļotāji parādījās II pasaules kara laikā Anglijā. 20. gs. 50 gados attīstījās skaitļošanas tehnika un darba metodes, kas gan sākotnēji aprobežojās ar speciālu programmu rakstīšanu individuālam skaitļotājam (mašīnkodos). Notika SKAITĻOŠANA, kur ieejas dati ir cipari un rezultāts – arī skaitlis. Pakāpeniski radās metodes, kas atļāva apstrādāt BURTCIPARUS – ne tikai skaitļus, bet arī dažādus latīņu alfabēta burtus un darbību zīmes. Skaitļotājiem pagājušā gadsimta vidū vēl nebija grafisko ekrānu, tāpēc datu ievads notika ar perfolentēm un perfokartēm, kas pēc būtības bija saglabājušās nemainīgas no 18 un 19.gs. aužamajām stellēm. Tāpēc praktiski revolucionārs atklājums bija televizora izmantošana skaitļotāja sastāvā. Ar katodstaru lampas palīdzību zīmētais attēls uz televizora ekrāna nebija nekas cits kā burtciparu rindu un kolonnu parādīšana. Tipiski tika lietotas 40 rindas, katrā rindā līdz 80 simboliem. Jebkurš simbols ir viens no ASCII standartā paredzētajiem (pavisam 256 simbolu variācijas).

Pakāpeniski, izmantojot burtciparu jeb negrafiskos displejus (jeb monitorus), lietotāji nāca pie atziņas, ka ir virkne ērtu zīmju kombināciju, kas cilvēkam atgādina primitīvus attēlus. Piemēram: :) – **smaidošs cilvēciņš**. Tā radās PSEIDOGRAFIKAS simboli, kas tika kombinēti no 256 pamata „ķieģelišiem” jeb ASCII kodiem. Nevar droši apgalvot, ka pseidografikas simboli tika pilnvērtīgi izmantoti inženiergrafikas darbiem pirms grafisko datora iekārtu izgudrošanas. Inženieru aprēķini ar pirmajiem skaitļotājiem, kas parasti aizņēma veselu būvi, tika izpildīti jau no skaitļotāju ēras pirmsākuma, bet visus rasēšanas darbus izpildīja ar roku, klasiskajā papīra tehnoloģijā,

kam ir gadsimtiem senas saknes. Pseidografika vienkārši bija viens pussolis uz priekšu progresa ceļā, par to liecina arī pirmās datorspēles, kas izmantoja pseidografiku. Piemēram, tā varēja spēlēt „krustiņus un nullītes” un citas vienkāršas spēles. Pirmo paaudžu lieldatori bija ekstremāli dārgi, sarežģīti un, pēc šodienas mērauklas, pilnīgi niecīgas ātrdarbības. Tas faktiski nozīmēja šo datoru izmantošanu tikai militārajiem mērķiem un fundamentālajai zinātnei. Tieši tāpēc pirmā grafiskā sistēma, kas pretendē uz datoru inženiergrafikas aizsācējas lomu, tika radīta 20. gs. sešdesmitajos gados aerokosmiskās firmas Lockheed iekšējām vajadzībām. Tā bija pirmā sistēma, kas spēja ievadīt grafiskos datus kā koordinātas, radīt rasējumus ar skaitļotāja palīdzību un izzīmēt tos ar PLOTERI (lielformāta drukas iekārta) uz papīra loksnēm. Katra grafikas primitīva – riņķa līnijas, taisnes un apla zīmēšanai tika sastādīta atsevišķa apakšprogramma, kas to attēloja uz grafiskā ekrāna jeb displeja. Katrai darbībai ar grafikas elementiem – dzēšanai, labošanai vai nosūtīšanai uz zīmēšanas iekārtu tika radītas savas apakšprogrammas, kas apvienojās kopējā sistēmā.

Lieldatoru ēras rītausmā, un arī vēlāk, ļoti vēlams bija palielināta ātrdarbība, bet tā tehniski ne vienmēr bija iespējama. Atsevišķas rasējuma rediģēšanas vai ievades/izvades darbības prasīja daudzas stundas vai pat diennaktis, tāpēc ir visai grūti novērtēt to robežšķirtni, pie kuras profesionāla rasētāja darbs varēja tikt aizstāts ar inženiergrafikas komplektu – datoru, kas apgādāts ar ievades/izvades iekārtām un atbilstošu programmatūru. Autoram ir bijusi iespēja pašam piedalīties pirmo Latvijas ciparu karšu tapšanā 1990-92. gados, kad kartes tika gatavotas uz tehnikas, kas pēc veikspējas varētu atbilst septiņdesmito gadu sākuma lieldatoriem. Daudzi tehniskie un tehnoloģiskie risinājumi populārajās inženiergrafikas programmatūrās ir aizgūti no pašiem pirmsākumiem, kad noteicošais bija datora un tā perifērijas iekārtu veikspēja. Lai maksimāli palielinātu veikspēju un, pēc iespējas, nodrošinātu inženieru-rasētāju darba vietas, septiņdesmito gadu sākumā tika radīta jauna datoru klase – GRAFISKĀS DARBA STACIJAS. Atšķirībā no lieldatoriem, grafiskā darba stacija bija paredzēta lietošanai tikai vienai personai, un, ar šo īpašību bija priekštece mūsdienu personālajiem datoriem. No otras puses, grafiskās darba stacijas sākotnēji apgādāja ar tādu pašu programmnodrošinājumu, kā lieldatorus un tām parasti bija savam laikam ļoti jaudīgi procesori, lieli un kvalitatīvi grafiskie ekrāni. Piemēram, firmas *Intergraph* astoņdesmitajos gados ražotajās grafiskajās darba stacijās tika lietots pasaulē pirmais RISC arhitektūras procesors *Clipper*, darba vietas komplektācijā ietilpa divi speciāli 21” grafiskie displeji un iebūvēts A1 formāta ciparošanas galds (digitaizers), kā arī speciāla klaviatūra ar 24 funkcionālajiem taustiņiem. Kā parādīja datortehnikas tālākā attīstība, tad daudzas īpašības, kas bija septiņdesmito un astoņdesmito gadu grafiskajām darba stacijām, izrādījās noderīgas un tika ieviestas deviņdesmito gadu personālajos datoros, tomēr ļoti „smagnējie” inženiergrafikas programmatūras risinājumi, kas bāzējās uz atsevišķām operāciju sistēmām datorgrafikai, netika masveidā pielietoti nākošajās desmitgadēs. Spēcīgs stimulds datorgrafikas attīstībai bija septiņdesmitajos gados izgudrotā „pele” – mehāniskais kursors, kas pārveidoja mehānisku rokas kustību pa galdu signālos, kas attēlojas uz ekrāna. Nozīmīga bija arī drukas iekārtu attīstība un sākotnējo zīmumu ploteru aizstāšana ar mūsdienīgajām strūkļas un lāzera drukām. Zīmumu ploteri bija robota mehāniskās rokas analogi, kas darbojās ļoti lēni un bija komplicēti apkalpojami. Grafiskajām darba stacijām un lieldatoriem jau astoņdesmito gadu otrajā pusē radās nopietns „konkurents” personālā datora izskatā. Vairāk nekā divdesmit gadus darbojās nerakstītais, Intel korporācijas dibinātāja Mūra pašdeklarētais „likums” – „Katros 18 mēnešos galvenā procesora jauda dubultosies”. Tieši šis „Mūra likums” jeb ļoti straujā patērētāju elektronikas attīstība 20. gs. beigās nodrošināja inženiergrafikas datoru aprīkojuma strauju izplatīšanos visā pasaulē un masveidīgu

inženieru, kartogrāfu, rasētāju, projektētāju, analītiķu darba automatizāciju. Pēc autora domām, tieši personālo datoru veikspējas pieaugums un Windows operāciju sistēmas salīdzinošā pieejamība (ņemot vērā iepriekš izmantotās VAX, UNIX operāciju sistēmas) nodrošināja strauju inženiergrafikas attīstību. Gadsimtu mijā jau ievērojams vairākums visas pasaules (un arī Latvijas) inženieru strādāja vai mācījās strādāt ar datoru rasējumu izgatavošanas procesā.

XXI gadsimta pirmajos gados plašu pielietojumu guvušas jaunas iekārtas vai to samazinātu gabarītu versijas (GPS, mobilie telefoni, personālie ciparu asistenti – PDA, 3D lāzeru skeneri, LIDAR radiolokatori), kas praktiski pārvērtīs veidu, kā tiek projektētas rūpnieciskās iekārtas, inženierkomunikācijas un būves. Visciešāk ĢIS un inženiergrafikas lietojuma sfēras saskaras apvidus skaitlisko (ciparu) modeļu radīšanā un izmantošanā. Piemēram, trijās dimensijās izprojektēts ceļš vai dambis (uzbērums, grāvji, uzbrauktuves un daudzi citi elementi) būs perspektīvais apvidus modelis arī ĢIS pielietojumiem. Dati, kas radīti kādā no inženiergrafikas programmām – *AutoCad*, *MicroStation*, *SolidWorks* vai citā, vienlaicīgi kalpo par izejas datiem ĢIS. Inženiergrafikas programmatūru attīstība norisinās paralēli ar ĢIS programmu jauninājumiem, daudzi lietotāja saskarnes [17] elementi ir līdzīgi, tiek lietotas līdzīgas, vai pat tās pašas datu apstrādes metodes un paņēmieni. Šādos apstākļos inženiergrafikas pamatu izpratne ir būtiska ĢIS analītiķim, un, arī otrādi – inženierim – projektētājam ir jāpārzina ĢIS jēdzieni un to praktiskais pielietojums.

ĢIS vēsture aizsākās ar Valdo Toblera 1959.gadā izveidoto datorsistēmu MIMO (no angļu valodas frāzes *map in – map out* saīsinājuma). MIMO programma, principā, iekļāva visas moderno ĢIS datorprogrammu komponentus – datu ievades apakšsistēmu, datu analīzes rīkus, datu vizualizāciju un pat ģeokodēšanu.

1962.gadā Rodžers Tomlinsons uzsāka Kanādas ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (CGIS) izveidi. Tā bija pirmā sistēma, kuras nosaukumā tika izmantots termins „ĢIS”. Galvenais CGIS uzdevums bija uzglabāt digitizētās kartes visai Kanādas teritorijai, kā arī uzkrāt atribūtu datus. CGIS pamatā bija daudzstūru glabāšanas koncepcija, tās iespējas rediģēt kartogrāfiskos datus reālā laikā bija visai ierobežotas. CGIS tika ieviesta ražošanā 1964.gadā, tikai vienu gadu pēc pirmās ĢIS konferences, kas bija veltīta pilsētu plānošanas informācijas sistēmām (URISA).

Ņujorkas zemes lietošanas veidu un dabas resursu informācijas sistēma tika ieviesta 1967.gadā, līdzīga sistēma Minesotas štatā – 1969.gadā.

Septiņdesmito gadu sākumā attīstās arī pirmās rastra (attēlu) apstrādes sistēmas, kā arī tālīzpētes programmatūra. Attīstās teorētiskā un praktiskā bāze rastra attēlu pirmapstrādei, ģeoreferencēšanai un transformācijām.

1969.gadā tiek dibinātas divas ievērojamas ĢIS komerciālās programmatūras izstrādes firmas – *ESRI (Environmental Systems Research Institute)* un *Intergraph*.

1973. gadā ASV ģeoloģijas dienests (*USGS*) uzsāk ĢIS izveidi liela apjoma ģeogrāfisko datu kopu savākšanai un analīzei – *GIRAS*.

1974. gadā iesākās regulāras ĢIS konferences – *AUTOCARTO*.

1977. gadā ASV ģeoloģijas dienests izveido vienu no pirmajiem ĢIS datu formātiem, kas ASV tiek izmantots joprojām – *DLG* (saīsinājums no angļu val. frāzes *digital line graph*).

1979. gadā Hārvarda universitātē izveido pirmo vektoru ĢIS – *ODYSEY*.

1982. gadā dibināta kompānija *SPOT*, kas pirmā nodarbojas ar satelītattēlu komerciālu izplatīšanu ĢIS vajadzībām.

1985. gadā sāk iznākt pirmais ĢIS tehnoloģiju žurnāls „*Map awareness*” Lielbritānijā un Īrijā.

1988. gadā Ezra Zubrovs no Ņūjorkas štata universitātes Bufallo pilsētā ievieto Internetā pirmo ĢIS tēmu diskusiju sarakstu, kuru nosauc par **GIS-L**.

1989. gadā Intergraph sāk piedāvā savu komerciālo ĢIS programmatūru – *MGE (modular GIS environment)*.

1991. gadā iznāk autoru kolektīva – Makvaira, Goodchilda un Rinda grāmata „*Geographical Information Systems: Principles and Applications*”, kas ir pirmais nozīmīgais literatūras avots par ĢIS.

1992. gadā sāk iznākt ĢIS tehnoloģiju žurnāls „*GIS Europe*”.

1993. gadā tiek nodibināta EUROGI – koordinācijas organizācija ĢIS pētījumiem Eiropā.

1999. gadā autoru kolektīvs – Longlejs, Goodchids, Makvairs un Rinds izdod grāmatu „*Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management*”, kas šobrīd ir no visvairāk citētajiem literatūras avotiem par ĢIS.

Deviņdesmito gadu otrajā pusē galvenās komerciālā ĢIS programmnodrošinājuma ražotājas kompānijas izveido katra savu risinājumu ĢIS datu publicēšanai Internetā. Ap šo laika periodu arī izveidojas un nostiprinās šodien populāro ĢIS datorprogrammu funkcionalitāte, galvenās iezīmes tālākajā attīstībā paliek nemainīgas.

Kopīga iezīme deviņdesmito gadu ĢIS programmām ir WYSIWYG principa realizācija, proti, programmatūras ražotāji cenšas sasniegt stāvokli, kad ekrānā redzamā attēlkarte pēc formas un satura būtu maksimāli tuva uz papīra izdrukātai kartei. Lai arī šāda rezultāta sasniegšanai pagaidām pietrūkst tehnoloģisko iespēju (pat vislabākie displeji nevar parādīt vairāk par aptuveni 2000x2000 pikseļiem, kas ir vismaz desmit reizes sliktāk detalizēts rezultāts, salīdzinot ar vidusmēra printeri), tomēr panākumi ir acīmredzami. Vismaz kartes fragmenta kvalitāte drukas priekšskatīšanas režīmā (angliski *Preview*) praktiski sakrīt ar galvenajā kartes logā attēloto karti vai plānu, kurš mūsdienās dinamiski izmainās pēc katras lietotāja darbības. Ja mēs salīdzinām ar vēsturiskajām ĢIS pagājušā gadsimta otrajā pusē, kurām nebija WYSIWYG iespējas, un, tāpēc starprezultātus attēloja uz papīra, tad pašreiz drukas priekšskatījuma darbība, un, arī drukāšana kļuvušas ievērojami retāk izmantotas. Tādējādi ir sasniegta viena ĢIS tehnoloģiskā robeža, un, proti – kartes, plāni un rasējumi vairs nav obligāti jāizdrukā uz papīra pēc katras kartogrāfiskās operācijas. Plānu materiāli var tikt ilgstoši uzglabāti, pārraidīti un pārveidoti tikai datoru atmiņas nesējos.

1.7. ĢIS datu pamatformas

ĢIS datu pamatformas pēc būtības nosaka IT nozares tehnoloģiskās iespējas, pēc kurām (no algoritmu realizācijas viedokļa) ir vienkāršāk nodalīt un atsevišķi apstrādāt datu masīvus, kuri satur:

- tikai skaitļus;
- tekstu (burtciparus);
- vektoru attēlus divdimensiju telpā;
- trīsdimensiju vektoru attēlus;
- skenētus attēlus (rastru).

Šāds pamata dalījums atsevišķos failos bija raksturīgs jau pašām pirmajām grafiskajām datoru programmām, un, tas ir vēsturiski saglabājies līdz mūsdienām. Terminu „**pamatformas**” autors izmanto šajā darbā ar nolūku izskaidrot reālās, programmatūras izraisītās *atšķirības* datu savākšanā, apstrādē un modelēšanā.

Teksta (atribūtu, aprakstošie dati) ir atskaites, dati tabulārā formā (kā *Excel* izklājlappās). Tie var būt arī atbildes **datu plūsmas**, kas nāk no dažādiem ārējiem reģistriem un datu bāzēm, ja piemēram, izpildīts pieprasījums pēc zemes īpašuma datiem. Vispārējā gadījumā teksta dati ir burtciparu savirknējums (informātikā lieto arī terminu ASCII dati) [17], kuram var nebūt noteiktas datu struktūras. Dati teksta datnē var tikt strukturēti dažādi, piemēram, ar XML valodas palīdzību.

Attēli, rastra faili var būt aerofotogrāfijas, skenētie attēli un ciparu fotogrāfijas. Pie šīs kategorijas pieder visa veida skenētās papīra kartes un topogrāfijas planšetes. Populārākie rastra datu formāti ir JPEG un TIF, biznesa datorgrafikā izmanto arī BMP, GIF, PNG u.c.

CAD vektoru dati ir topogrāfiskie plāni, stāvu plāni, iekārtu rasējumi, kā arī visdažādākās shēmas (piemēram, elektroapgādes, ventilācijas, ūdensvada), kas var būt un var arī nebūt attēlotas mērogā un koordinātu sistēmā LKS-92. Populārākie CAD datu formāti ir *AutoCad DWG* un *MicroStation DGN*, bet iespējami arī citi. Plaši sastopams arī *AutoCad DXF* datu apmaiņas formāts.[7]

GIS topoloģiski sakārtotie, „intelektuālie” vektoru dati ir korekti ģeogrāfiski piesaistīti, topoloģiski sakārtoti vektoru dati bez atstarpēm un pārklājumiem starp „kaimiņu” objektiem ar sasaisti pie teksta (atribūtu, aprakstošajiem) datiem, pie kam sasaiste ar teksta datiem ir korekta un vadāma no GIS programmatūras.

Digitālie augstuma modeļi ir rastra vai vektoru formā saglabāta zemes virsmas formas prezentācija. Virsmas modelis satur visus nepieciešamos datus, lai automātiski izzīmētu plāna horizontāles, izdarītu nepieciešamos virszemes noteces vai zemesdarbu aprēķinus, pētītu redzamību starp virsmas punktiem. Vektoru datu forma ir **TIN formāta datu fails** (saīsinājums no angļu valodas *triangulated irregular network*), vai arī **slānis ESRI programmatūrā**. TIN ir aizpildīts ar triju dimensiju trijstūru tīklu tādā veidā, ka nļakus novietotie trijstūri savstarpēji nepārklājas. Lieto arī citas digitālo virsmas un augstuma modeļu datu struktūras, kuras ir relatīvi vienkārši savstarpēji pārveidojamas.

TIN modeli kā atsevišķu datu veidu izdalīja Zeilers (1999).

Digitālā augstuma modeļa rastra formu sauc par **GRID** (no angļu valodas vārda „režģis”) un sīkāk tas aprakstīts nodaļā 6.8

GIS programmatūrā var izmantot arī citus elektronisko dokumentu veidus, kuru integrāciju nodrošina konkrētā programmatūra, piemēram, *Microsoft PowerPoint* prezentācijas, hipersaites [17] uz interneta lappusēm, datora animācijas, video filmu fragmenti u.c.

2. RASTRA UN VEKTORU GRAFIKAS MODEĻI

Datorgrafikā paralēli plaši lieto divus galvenos datu glabāšanas modeļus – rastra un vektoru grafikas. Šie glabāšanas modeļi ir cieši saistīti ar veidu, kā dators apstrādā un uzglabā jebkuru informāciju, proti, bitu kodējumu kā „0” vai „1”. Visu veidu elektroniskās iekārtas, kas bāzētas uz mikroprocesoriem – datori, mobilie telefoni, ciparu fotokameras u.c. var glabāt datus kā vektoru, tā arī rastra modeļa formā, bet, praksē, piemēram, ciparu fotokamera izmanto tikai rastra modeli. Pēc katra no šiem modeļiem ir radīti simtiem specifisku failu (datņu) formātu, eksistē arī universāli formāti, piemēram, grafiskā redaktora *CorelDraw* formāts. ĢIS konsekventi tiek izmantoti failu formāti, kas bāzējas tikai uz vienu modeli – vai rastra, vai vektoru.

Jebkurš rasējums vai karte var tikt saglabāts gan kā rastra grafika, gan vektoru grafika. Katram modelim ir atšķirīga „fiziskā uzbūve”.

Ģeoinformātikas nozarē plaši pielietots formāts ir „*Georeferenced tiff*” faila formāts. XXI gadsimta sākumā izlaistās *ESRI*, *Intergraph*, *Mapinfo*, *Smallworld*, *AutoDesk*, *Bentley* u.c. programmu versijas spēj kopīgi izmantot šo formātu.

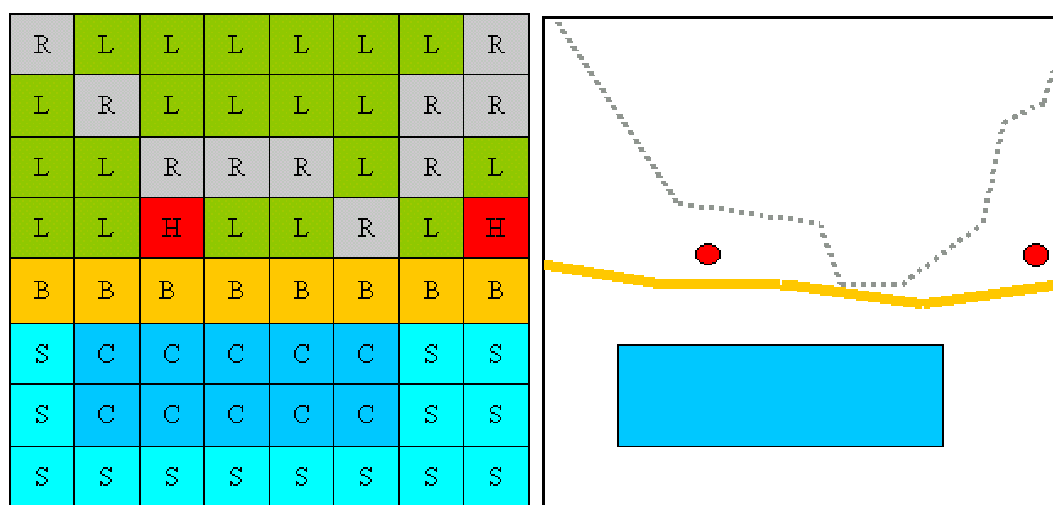
No vektoru formātiem kā vairāk lietotie ir jāpiemin:

- 1) firmas Autodesk radītais *DWG* formāts;
- 2) *ESRI* shape formāts, kurā ikviens slānis sastāv no trijiem failiem **shp**, **shx** un **dbf**.

Vektoru inženieru grafikā plaši tiek lietoti arī *Bentley MicroStation dgn* un *Mapinfo MIF* formāti. Pielieto arī virkni citu vektoru formātu, kuru pielietojums ir specifiskāks, piemēram, *IGES* (mašīnbūve), *STEP* (mašīnbūve), *scalable vector graphics SVG* (internets).

2.1. Rastra grafikas modelis

Dati rastra formātā attēlo realitāti kā tīklu vai kā šaha dēli. Rastra grafika sastāv no atsevišķām „šūnām” jeb pikseļiem, kas labi redzami, ja ļoti pietuvina rastra attēlu (4. attēls).



4. attēls. Shematisks apvidus attēls rastra grafikā (pa kreisi) un vektoru grafikā (pa labi).

Ja rastrā ir attēlota karte, tad katrs kvadrāts (pikselis, arī rastra šūna) sedz noteiktu ģeogrāfisko laukumu. Viens pikselis var attēlot, piemēram, 1 kv.m. lielu teritoriju apvidū un vienam pikselim var būt tikai viena krāsa (īpašība), piemēram, pikselis ir zaļš, ja tas attēlo mežu.

Cilvēka apziņa rastra attēlu uztver vizuāli, t.i. dažādu krāsu rastra šūnu kombinācijas mums asociējas ar laukumiem, līnijām, dažādiem rakstiem un simboliem, kas attēlo apvidus objektus vai rasējumus. Tas nozīmē, ka sarežģītas formas vai līnijas (piemēram, inženierkomunikāciju līniju apzīmējumi) var izskatīties diezgan nedabiski rastra grafikā, ja tās uz ekrāna pietuvina tā, ka vienlaicīgi redzams mazs rastra pikseļu skaits. Rastra grafikas vizuālā uztvere ir atkarīga no ekrāna mēroga (palielinājuma).

Rastra grafiku iegūst noskenējot kartes lapu skenerī, vai arī – nofotografējot ar ciparu fotoaparātu tā atmiņā uzkrājas lietošanai gatavi rastra attēli – fotogrāfijas, kuras raksturo apvidu.

Gandrīz visi tālzipētes dati tiek vākti rastra formātā, kas nozīmē to, ka dati nav jākonvertē pirms to izmantošanas ĢIS. [10]

2.2. Rastra attēla glabāšana

Rastra attēls vienmēr ir četrstūris, kas sastāv no pikseļu RINDĀM UN KOLONNĀM. Katram individuālajam pikselim ir skaitliska vērtība, kura glabājas failā. Piemēram, 256 krāsu rastram katram pikselim var būt vērtība no 0 līdz 255. Dažādas programmas var atšķirīgi attēlot uz ekrāna vienu un to pašu rastra attēlu, jo rastra failā nereti glabājas tikai skaitliskā vērtība, nevis krāsa, ar kuru pikseli rādīt uz ekrāna. Ir arī rastra formāti, kuros glabājas reālā krāsa, kas atbilst katrai skaitliskajai vērtībai, tā saucamā LUT tabula. Rastra attēli var būt divkrāsu (melns vai balts), viena baita jeb 256 krāsu, pilnkrāsu jeb 3 baitu attēli (angliski – *true color*), kas nodrošina 16,7 milj. krāsu, kā arī ar citu iespējamo krāsu skaitu. Melnbalto rastru angliski apzīmē ar „line art” jeb līniju zīmējumu, un, tam ir savi failu formāti, piemēram *.cit. Fotogrammetrijā izmanto pelēkās krāsas pustoņu rastru, kas 256 krāsu vietā lieto 256 pelēkās krāsas pustoņus (melnbaltā ortofotokarte). Skenēšanā izmanto arī 48 bitu rastru, kas pārsniedz cilvēka acs krāsu izšķirtspēju, kura tiek lēsta uz 16,7 miljoniem krāsu toņu. Zemes mākslīgie pavadoņi iegūst panhromatisku (melnbaltu) attēlu, bet ĢIS programmatūrā ainai piekārto tādas krāsas, kuras atvieglo ainu dešifrēšanu (apvidus objektu atpazīšanu). Tādējādi ainā var būt pārstāvētas arī tās spektra krāsas, kuras neredz cilvēka acs. Piemēram, infrasarkanā un ultravioletā spektra daļa sniedz nozīmīgas ziņas par derīgajiem izrakteņiem. Mākslīgi piekārtotās krāsas nereti parāda tuksnesi zaļu, aramzemi – sarkanu u.t.t., bet tās palīdz rastra attēlā saskatīt detaļas, kuras nebūtu redzamas, ja attēls būtu fotografēts tikai redzamās gaismas diapazonā.

Modernie rastra grafikas formāti lieto dažādus kompresijas algoritmus, lai samazinātu glabājamo datu apjomu uz datu nesējiem (cietajiem diskem, CD). Melnbaltajā rastrā „saspiešanas” algoritms bāzējas uz vienkāršu faktu, ka „tukšumus” jeb nulles, kas atkārtojas pēc kārtas vertikāli un arī horizontāli, var pierakstīt datora atmiņā kā skaitli, kas parāda „nullīšu” skaitu. Līdzīgi rīkojas arī ar aizpildītajiem pikseļiem jeb „vieniniekiem” attēlā. Sarežģītāki algoritmi tiek izmantoti pilnkrāsu rastra „saspiešanai”. Populārākie no tiem ir JPEG, LZW un *Wavelet* algoritmi, kuriem eksistē virkne speciālgadījumu katram. Rezultātā, piemēram, 13 Mb „nesaspiesta” fotogrāfija pēc apstrādes ciparu kameras procesorā ar JPEG algoritmu pārveidojas par aptuveni 4,5

Mb lielu failu, pie kam kvalitātes zudumi pēc šādas apstrādes ir praktiski vizuāli nemanāmi.

Melnbalti rastru izdodas „saspiest” ievērojami vairāk, pat 100 un vairāk reizes bez zudumiem. Krāsainajam rastram, lietojot *Wavelet* algoritmu (realizācija *Mr.Sid* un *ECW* formātos), iespējama pat 20-30 kārtīga „saspiešana” bez saredzamiem attēla kvalitātes zudumiem. Tātad, ar šādu algoritmu „saspiests” rastra fails aizņems 20-30 reizes mazāku vietu uz datora diska, un, tā ir ievērojama disku ekonomija darbā ar satelītu vai aerofoto kartēm.

2.3. Vektoru grafikas modelis

Vektoru grafikas modelis tiek veidots no grafikas primitīviem, kas pēc ģeometrijas un tās nozaru formulām – stereometrijas, tēlotājas ģeometrijas, kā arī izmantojot citas matemātikas disciplīnas, attēlo plaknes vai telpas daļu. Uzsākot darbu pie jauna vektoru faila, tas ir pilnīgi „tukšs” – eksistē tikai „neredzami” iestādījumi, tādi kā koordinātu sistēma un lietotās mērvienības. Katrs grafikas primitīvs tiek pievienots SECĪGI sākotnēji tukšajam failam. Tas grafikas elements, kas uzzīmēts pirmais, iezīmējas „ekrāna pamatā”, bet vēlāk uzzīmētie (vai konstruētie) elementi „uzklājas” pirmajiem situācijā, ja tie aizņem kopēju koordinātu telpas daļu.

Vektoru grafikas primitīviem katra virsotne ir koordinēta ar pāri XY (5. attēls), vai XYZ, ja datu bāzē glabā augstumu. ESRI Shape, AutoCad Dwg vai MicroStation dgn failā glabājas visas virsotņu koordinātas. Vēl katram grafikas primitīvam glabājas tā grafiskie atribūti – līmenis, krāsa, līnijas stils.



5. attēls. Vektoru grafikā katra lauztās līnijas virsotne ir raksturota ar koordinātēm.

Tādējādi populārie CAD failu formāti *dwg* un *dgn* patiesībā ir sakārtoti koordinātu saraksti, kur katrs koordinātu pāris „pieder” kādai ģeometriskajai figūrai. Arī tad, ja tas pats koordinātu pāris pieder arī citām figūrām (grafikas primitīviem), tad tas tiek atsevišķi glabāts *dgn* vai *dwg* failā. Šādus, topoloģiski nesakārtotus datus sauc par „spageti datiem” – no populāro itāļu makaronu nosaukuma. [sīkāk skat nodaļu 3.10] Savukārt, daudzos arhitektūras, mašīnbūves un citu nozaru rasējumos topoloģiski

sakārtoti dati nav obligāta prasība, pie nosacījuma, ka tā ir datorizēta rasēšana. Datorizētā triju dimensiju figūru modelēšanā topoloģiski sakārtoti dati ir nepieciešams priekšnoteikums.[10]

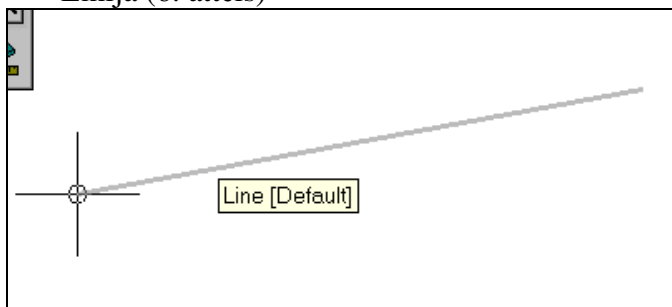
2.4. Vektoru grafikas elementi

Vektoru grafikā ĢIS slānis sastāv no atsevišķiem grafikas elementiem [3] tāpat, kā rastrs sastāv no individuāliem pikseļiem. Tipiski katrs elements attēlo kādu apvidus objektu vai tā daļu (piemēram, lai attēlotu būvi mēroga 1:500 plānā, tad ir jālieto daudzi elementi, kas parādīs būves pamatkontūru, kāpnes, būvi sadalošās līnijas, stāvu skaita un būves materiāla tekstu u.c.). Augstākminētajā gadījumā būves pamatkontūra un kāpnes piederēs pie dažādiem slāņiem, t.i., vienu apvidus objektu klasi „būves” attēlos vairāki slāņi. Katrs no šiem slāņiem sastāvēs no vektoru grafikas „ķieģelišiem” jeb elementiem.

Tomēr eksistē principiāla atšķirība starp rastra un vektoru formātiem, proti, ja rastra grafikas faila apjomu vienmēr definē „tīkls” no, pieņemsim, 500x500 pikseļiem, tad vektoru grafikas failā neeksistē ne minimālais, ne arī maksimālais elementu skaits. Vektoru grafikas fails var nesaturēt nevienu elementu (tad ir neaizpildīts), tas var saturēt tikai vienu elementu, vai arī – daudzus miljonus grafikas elementu.

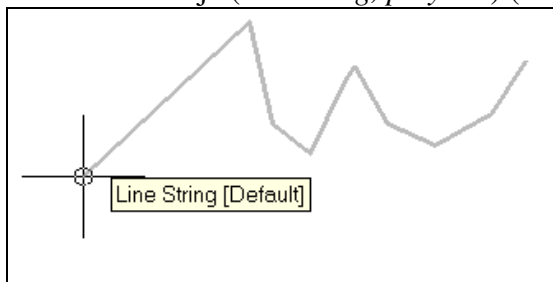
Grafikas elementu veidi ir:

- Punkts
- Līnija (6. attēls)



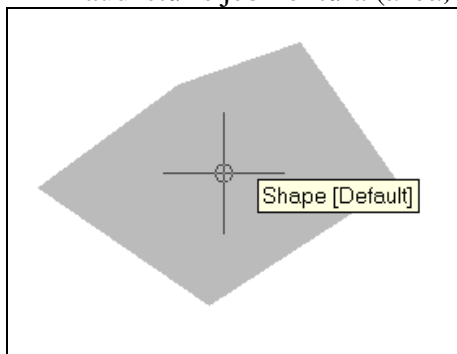
6. attēls. Līnija kā grafikas elements *MicroStation GeoGraphics* vidē.

- Lauzta līnija (*line string, polyline*) (7. attēls).



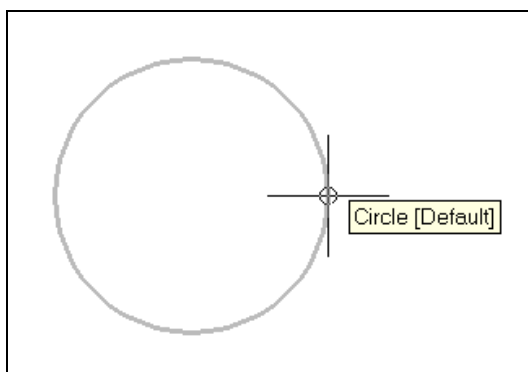
7. attēls. Lauzta līnija kā grafikas elements *MicroStation GeoGraphics* vidē.

- Daudzstūris jeb kontūra (*area, shape*) (8. attēls)



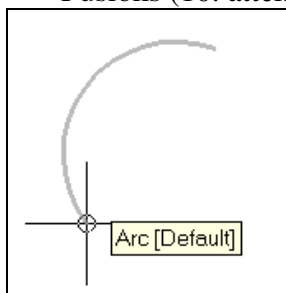
8. attēls. Vienkāršs daudzstūris kā grafikas elements *MicroStation GeoGraphics* vidē.

- Riņķa līnija (9. attēls)



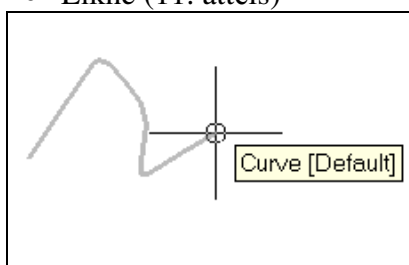
9. attēls. Riņķa līnija kā grafikas elements *MicroStation GeoGraphics* vidē.

- Pusloks (10. attēls)



10. attēls. Pusloks kā grafikas elements *MicroStation GeoGraphics* vidē.

- Līkne (11. attēls)



11. attēls. Līkne kā grafikas elements *MicroStation GeoGraphics* vidē.

Pastāv divu galveno veidu vektoru grafikas elementi – **VIENKĀRŠIE** („primitīvie” grafikas elementi) un **SALIKTIE** (kompleksie elementi, kas sastāv no

vienkāršajiem). [3] Ģeoinformātikas programmās par „primitīvajiem” elementiem izmanto tikai trīs ģeometriskos tipus [4,9]:

- punkti (arī teksti un simboli);
- līnijveida elementi
- daudzstūri (laukumi, kontūras) ar un bez „saliņām”.

Mašīnbūvē un arhitektūrā (CAD programmās) kā grafikas elementus lieto arī līknes, riņķa līnijas, elipses un mērskaitļus.

2.5. Saliktie vektoru grafikas elementi

Saliktie vektoru grafikas elementi ir simboli, kas sastāv no „primitīvajiem” elementiem – līnijām, punktiem un daudzstūriem. Cits salikto vektoru grafikas elementu piemērs ir ezera ar salām attēlojums. Ezera ārējā kontūra ir daudzstūris, katra saliņa arī ir daudzstūris, kas saistīta (salikta) ar ārējo kontūru. Lai uzlabotu ĢIS un CAD programmatūras efektivitāti, programmu radītāji ir ieviesuši virkni specifisku salikto grafikas elementu konstrukciju, piemēram, apvienojuši ģeogrāfiska teksta iznesuma bultiņu ar pašu teksta rindiņu, lai lietotājam būtu ērti ievietot un labot ģeogrāfisko tekstu iznesumus. Šāds saliktais grafikas elements ir viens vesels programmas objekts, ar kuru darbojas ĢIS programmas rīki tā, it kā teksts un bultiņa būtu vienots simbols.

Salikto grafikas elementu tipi ir atkarīgi no lietotās programmatūras, šeit iespējami arī specifiski, tikai vienā datu formātā vai nozarē lietoti saliktie elementi, kā, piemēram, daudzlīnijas (*multiline*) MicroStation vidē. [4] Parasti šādiem saliktajiem grafikas elementiem ir atspoguļošanas iespējas arī tad, kad datus konvertē uz citu formātu, piemēram, AutoCad dwg. Tomēr ne vienmēr un ne visos gadījumos salikto grafikas elementu konvertēšanai starp datu formātiem ir iespējams kvalitatīvs risinājums. Tādos gadījumos saliktos elementus nākas pārveidot par grafikas elementiem pirms konversijas procesa. Šādu darbību sauc par „izārdīšanu” (*drop, explode*). Pretējā darbība ir grafikas elementu apvienošana kompleksajos elementos, piemēram, izveidojot kartes simbolu vai kādas detaļas apzīmējumu un saglabājot to MicroStation šablonu („šūnu”) bibliotēkā. Cits tipisks apvienošanas piemērs ir daudzstūru (kontūru) konstruēšana, kad daudzstūru malas veido atsevišķas līnijas. Daudzās līnijas it kā veido „režģi” kurā programmatūra ar automātiskām vai pusautomātiskām metodēm „prot” iezīmēt ģeometrisku figūru – daudzstūri. Šāda figūra jeb kontūra var būt aizpildīta („aizlieta”) ar krāsu vai arī piepildīta ar šķērsvītrojumu. MicroStation Geographics [4] vai Intergraph GeoMedia [9] vidē šāda figūra var tikt aizpildīta arī ar aizpildošajiem apzīmējumiem, piemēram, plāvas simbolu topogrāfiskajam plānam. Visas šīs darbības ir analogiskas – tiek norādīts viens punkts jaunveidojamā daudzstūra (kontūra) iekšpusē, un, ja vien darbība ir iespējama, tiks izveidota jauna kompleksā figūra – daudzstūris no atsevišķajiem grafikas elementiem (līnijām, lauztām līnijām, puslukiem).

Vektoru elementu izmantošana ģeoinformātikā ir ļoti plaša un nebūt neaprobežojas ar augstāk pieminētajiem diviem piemēriem – šablona (šūnas) veidošanu un daudzstūra „aizpildīšanu” (*flood*). Vektoru elementi ir arī teksta elementi, kuri vieni paši, vai dažādās kombinācijās ar citiem grafikas elementiem var ietilpt šablonos, piemēram, topogrāfiskā plāna rakstlaukuma noformējumā.

Vienmēr ir iespējams atrast tādas programmatūras risinājumus, kas saliktos elementus „izjauc” par vienkāršiem grafikas elementiem. Nereti šāds risinājums palīdz

iegūt kvalitatīvākus ĢIS izejas datus gadījumos, kad faila apstrāde ar salikto grafikas elementu rīkiem nav efektīva.

2.6. ĢIS datu glabāšana relāciju datu bāzēs

Atsevišķi ir apskatāma vektoru un rastra glabāšana relāciju datu bāzes formātos (*Oracle, Ingres, DB2, SQL server, Access* u.c.). Šajos gadījumos kā rastrs, tā vektori nonāk kopīgā datu krātuvē ar atribūtu jeb aprakstošajiem datiem (kas nav tieša kartes sastāvdaļa). Relāciju datu bāzes gadījumā var uzskatīt, ka atsevišķie rastra un vektoru faili joprojām „saglabājas” (t.i. datu modeļa principi nemainās), bet atsevišķie „faili” kļūst par lielākas struktūras sastāvdaļām. Relāciju datu bāze ir „uzbūvēta” no tabulām ar laukiem, kuras satur ierakstus jeb rakstus – atsevišķas rindīņas. Savukārt, ieraksts sastāv no „rūtiņām” (lauku vērtībām). Viens vektoru grafikas elements var būt viena lauka vērtība, vai arī – katrā laukā glabājas kāda punkta X vai Y koordinātas. Visbeidzot, iespējama arī augstāk aprakstītā situācija, kad viena lauka vērtība ir vesels vektoru grafikas fails, piemēram, dwg fails ar rasējumu. No relāciju datu bāzes viedokļa ir pilnīgi vienāda, kas glabājas „rūtiņā” – vai tas ir vesels fails, viena koordināta kādam punktam, vai arī apraksts, kas raksturo būves materiālu. Galvenais, ka visi šie dati tiks glabāti un indeksēti veidos, kas nodrošina ātru un nepārtrauktu piekļuvi ĢIS datiem. Relāciju datu bāzē karte būs „nepārtraukta” – tā nedalīsies pa atsevišķām kartes lapām (failiem).

2.7. Rastra un vektoru grafikas modeļu salīdzinājums

Rastra grafikas modeļa priekšrocības:

- Ļoti īss rastra datnes iegūšanas laika sprādis, piemēram, kartes lapu var noskenēt dažās sekundēs;
- Liels „slēptās” informācijas apjoms, piemēram, ortofotokartē vai kosmiskajā fotogrāfijā, kuru var apgūt ar pusautomātiskajām vai automātiskajām attēla atpazīšanas programmām (piemēram, *ER Mapper*);
- Salīdzinoši vienkārša rastra attēla glabāšana un attēlošana uz ekrāna, eksistē daudzas publiski pieejamas formulas, apakšprogrammas un algoritmi, ar kuru palīdzību var veidot savas rastra grafikas programmas vienkāršiem lietojumiem, piemēram, WEB lappusei.

Rastra grafikas modeļa trūkumi:

- Rastra grafika nesatur sakarības starp attēlā redzamajām detaļām vai apvidus objektu kontūrām – katrs pikselis ir individuāla vienība, kurās kopsakarību atrod cilvēks, kad tas skatās uz rastra attēlu ekrānā. Atpazīt apvidus objektus un to detaļas rastra kartēs var ar **attēlu atpazīšanas programmām**, bet šo darbu nevar izpildīt ar 100% ticamību (attēla atpazīšanas problēma).
- Detāls rastra attēls tipiski aizņem ļoti lielu apjomu uz datu nesējiem – no dažiem megabaitiem līdz terabaitiem skenētu inženieru dokumentu glabātuvēs.

- Rastra grafikas elementi – pikseļi savā starpā nav saistīti, tāpēc ir sarežģīti izmantojami ĢIS kā sasaistes elements ar atribūtu datu bāzēm (reģistriem, datu noliktavām).

Vektoru grafikas modelim ir viens būtisks trūkums – neiespējamība ātri un lēti savākt vektoru datus no apvidus objektiem. Lai izveidotu apvidus ciparu modeli vai vektoru karti pēc stāvokļa dabā, ikreiz ir jāiegulda ievērojami fotogrammetrijas vai mērniecības/plānu izgatavošanas darba apjomi. Faktiski, šobrīd vektoru modeļa kartes var iegūt tikai savienojot atsevišķus punktus uz ekrāna pa vienam vektoram (ir izņēmumi, kas saistīti ar attēla atpazīšanas tehnoloģijām). Pārredzamā nākotnē problēma varētu tikt atrisināta ar lāzera telpiskajiem skeneriem un *LIDAR* tehnoloģijas radiolokatoriem, kuri iegūst detālu „punktu mākonī” no apvidus objektiem ar tādiem nosacījumiem, kuri pieļaus efektīvi darboties attēlu atpazīšanas programmām. Tādējādi būs iespējams ātri aizpildīt vektoru grafikas datu krātuves ar precīziem un aktuāliem datiem.

Izvēloties datu glabāšanas modeli, jāņem vērā, ka komerciālās un plaši izmantotās ĢIS programmas praktiski strādā ar **hibrīdu** grafiku – tām ir rīku komplekts kā rastra, tā arī vektoru grafikas operācijām. Tomēr pāreja no rastra modeļa uz vektoriem vienmēr ir saistīta ar papildu darba ieguldījumiem un iespējamiem „pārsteigumiem” darba gaitā.

2.8. Datu glabāšanas veidu salīdzinājums

Praktiski visa mūsdienu ĢIS programmatūra piedāvā kādu iespēju saglabāt grafiskos datus (vektoru, dažkārt arī rastra formā) kādā no relāciju datu bāzēm. Relāciju datu bāzes, kuras piedāvā šādas iespējas (uzskaitītas tikai populārākās), ir *Microsoft Access*, *SQL Server* vai *Oracle Server*. Šīs iespējas izmantošana ĢIS projektos paver daudzas jaunas iespējas datu kvalitātes uzlabošanai un vienkāršo datu uzturēšanu. Relāciju datu bāzes tehnoloģijas ir labi pazīstamas un vispāratzītas informācijas tehnoloģiju sfērā. No otras puses – mērniecībā, ģeodēzijā, arhitektūrā, celtniecības darbu plānošanā visplašāk datu veids ir atsevišķi *DWG* formāta faili, kas satur individuālus, savstarpēji nesaistītus rasējumus. Daudzi digitālās jeb ciparu kartogrāfijas darbi tiek izpildīti failu sistēmā, kur katra kartes lapa tiek noformēta kā atsevišķs fails. Tā kā atsevišķi izpildītie rasējumi (un kartes lapas) nereti nesatur metadatus, kā arī to organizācijas struktūra ne vienmēr pakļaujas specifikācijas (karšu standarta) prasībām, tad ir novērojama kopēja problēma – datu kvalitātes nepietiekamība pārejot no failu sistēmas uz relāciju datu bāzes glabāšanas formātu. Proti, daudzas datu kopas no failu sistēmas ir vispirms jāuzlabo un jāpapildina, un tikai tad tās var ielādēt relāciju datu bāzē. Augstākminētais ierobežojums nav tehnoloģisks (relāciju datu bāzē var saglabāt jebkurus datus, arī kļūdainus), bet tas ir loģisks, pārejot no vecākas un grūtāk kontrolējamās datu glabāšanas sistēmas uz modernāku.

Glabājot ĢIS datus failu sistēmā **ir iespējams** izmantot datu bāzes saites mehānismu starp grafikas elementiem un konkrētiem relāciju datu bāzes ierakstiem.[4]

Galvenās priekšrocības ĢIS datu vienkopus glabāšanai relāciju datu bāzē:

- Rediģējot grafiku tiek vienlaikus rediģēti arī grafikas elementam piederīgie atribūti, nevar izveidoties „bāreņi”, t.i. tādi ieraksti datu bāzē, kuriem nav vai nu atribūtu, vai arī grafikas;
- Iespējams daudzlietotāju darba režīms datu rediģēšanai;

- Relāciju datu bāzē var ērti izveidot, piemēram, saglabātās procedūras, kuras atļauj vai aizliedz jebkuru darbību ar grafiku/atribūtiem, un šādi aizsargāts datu ievades mehānisms ir ļoti drošs pret kļūmēm;
- Relāciju datu bāzēm ir tipiska ļoti elastīga maksimālā datu bāzes izmēra (kuru ierobežo aparatūra) uzstādīšana, vienmēr pastāv iespēja pakāpeniski palielināt datu bāzes servera jaudas, nepārtraucot darbu (pretēji tam, sasniedzot noteiktu maksimālo izmēru, *dwg* vai *dgn* fails strauji kļūst lēndarbīgs, šo procesu nevar apturēt pie tālākas faila izmēra palielināšanās);
- Pareizi projektēta un uzturēta datu bāze var nodrošināt simtus un tūkstošus vienlaicīgo lietotāju, relāciju datu bāzes tehnoloģija atbilst Valsts, pašvaldību un lielo uzņēmumu ĢIS prasībām.

Galvenais, tomēr nosacītais trūkums ir nepieciešamība piesaistīt informācijas tehnoloģiju speciālistus vismaz ĢIS projektēšanas un „iedarbināšanas” etapos.

3. ĢIS PRIEKŠSTATI UN GALVENIE PROCESI

ĢIS kā zinātnes pamata nostādnes bāzējas informātikas jeb datorzinātnes principos, bet papildina tos ar daudzām atziņām, kuras devušas ģeogrāfija, ģeoloģija, ģeoloģija un citas nozares par zemi. Tāpēc virkne datu ieguvē, apstrādē un analīzē izmantojamo paņēmieni ir specifiski tikai ĢIS. Daudzi procesi ir saistīti tikai ar specifisko zemes datu savākšanu, bet citi – arī ar grandiozu datu apjomu parādīšanu (vizualizāciju) uz datora ekrāna. ĢIS mērķis ir pēc iespējas precīzi modelēt apvidū notiekošos procesus ar matemātiskiem rīkiem, tāpēc savāktajiem telpiskajiem datiem ir jānodrošina interpretācija. Gadsimtiem ilgi kartogrāfu pielietotais paņēmiens – attēlot katru apvidus objektu vai to grupu ar savu simbolu ir pamatos saglabāts arī ĢIS, bet tas ir modificēts veidā, kas atbilst datoru tehnoloģijām. Proti, pētāmo apvidus objektu kopums tiek modelēts kā datu bāze, kurā vispirms klasificē visus objektus pa grupām un apakšgrupām, tad noskaidro to savstarpējās attiecības un veido loģiskās saites starp tiem. Visbeidzot, fiksē apvidus objektu kartogrāfisko attēlojumu ar simboliem, pie kam datu bāzē objektam piekārtotie simboli var izmainīties atkarībā no objekta pazīmēm vai kartes tipa un mēroga. Lai efektīvi realizētu šādas dinamiskas kartes ar datu bāzi pamatā, ir izstrādāti priekšstatī par nepieciešamo cilvēka (humāno) saskarni ar datorprogrammu un tiem procesiem, kuri norisinās dialogā starp ĢIS programmatūru un tās lietotāju.

3.1. Datu modelēšana

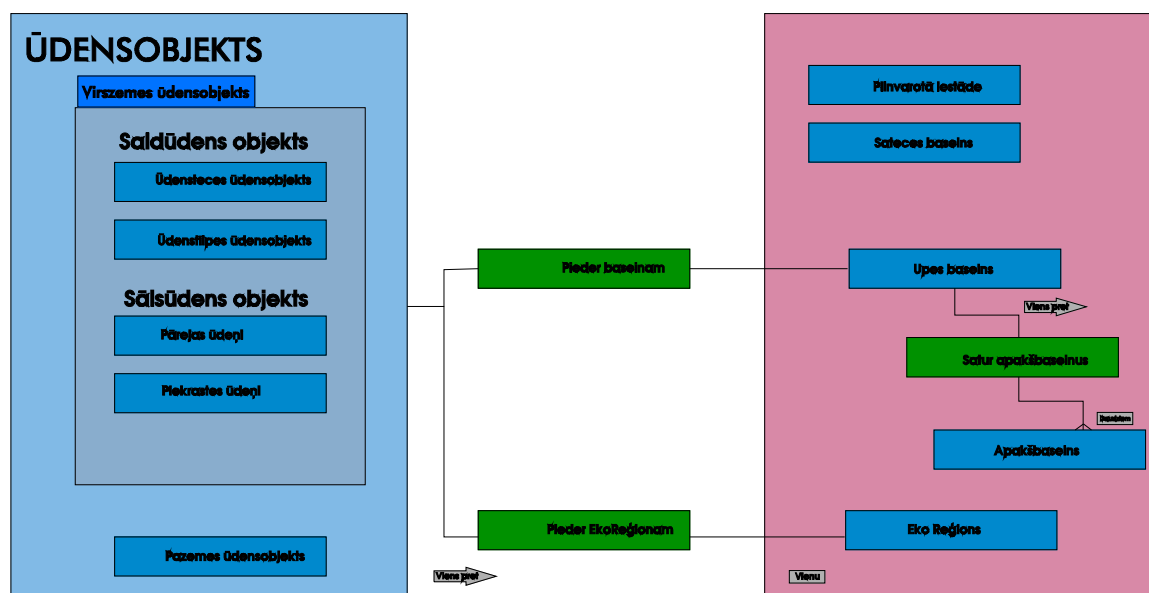
Datu modelēšana ir pirmais solis datu bāzes projektēšanas darbā. Modelējot datu struktūras, ir jāpanāk tāds rezultāts, kas ir:

- a) pietiekoši vienkāršs, saprotams;
- b) detalizēti apraksta pētāmo parādību.

Modelēšanai izmanto entitiju vārdiskus aprakstus, kas ir pieņemti parādību pētošajā nozarē. Noskaidro un apraksta attiecības starp entitijām, tad izstrādā aprēķinu algoritmus atsevišķu procesu matemātiskajai modelēšanai.

Datu modeļa entītijām ir jābūt atpazīstamām. Lai par to pārliecinātos, ĢIS projektā iesaistītajām atbildīgajām personām (potenciālajiem lēmumu pieņēmējiem) piedāvā atpazīt iesaistītos apvidus objektus pēc to entītijas formālajiem aprakstiem. Ja noskaidrojas, ka modelī nav iekļauti visi nepieciešamie izejas datu veidi, vai tie nav pietiekoši detalizēti, tad izdara labojumus. Nedrīkst aizmirst, ka ĢIS datu modeļiem ir jābūt pēc iespējas vienkāršiem, lai datu atjaunošana nekļūtu par šķērsli sekmīgai projekta norisei. Komplicētām datu struktūrām ir tendence „apaugt” ar aizvien jauniem atribūtu datu laukiem, kas, kā izrādās, ir nepieciešami ekspluatācijas gaitā. Šāda apjoma datu atjaunošana var izrādīties pārāk dārga, lēna un neatbilstoša sākotnējam projekta mērķim.

Izšķir loģisko datu modeli un fizisko datu modeli. Pirmo projektē loģisko datu modeli un tā gala rezultātu saskaņo ar visām projektā iesaistītajām personām (kā piemērs 12. attēlā dota Ūdensobjekta loģiskā modeļa blokshēma). Loģiskā datu modeļa ietvaros tiek izveidota datu vārdnīca, kurā apraksta datu bāzes tabulas, to laukus un paskaidro katra lauka fizisko nozīmi, piemēram, „teknes diametrs milimetros”. Tipiski loģisko modeli uzzīmē arī kā relāciju diagrammu (lai paskaidrotu tabulu savstarpējās attiecības).



12. attēls. ES rekomendētais loģiskais datu modelis „Ūdensobjekti un to Pārvaldības vienības pēc *Water Framework Directive* 9.pielikuma”.

ĢIS izstrādātāja vai analītiķa pienākums ir pārliecināties, ka ikviens saprot, kādi objekti datu bāzē tiks aprakstīti un – kādas galvenās ziņas par tiem tiks uzkrātas. Tikai pēc šādas kontroles un akcepta no ieinteresētajām pusēm var uzsākt datu fiziskā modeļa izveidi, kas būs atkarīgs no izvēlētās programmatūras un aparatūras (datortehnikas). Fiziskā modeļa realizācija var būt saistīta ar virkni citu faktoru, piemēram, no iespējamā maksimālā datu pārraides ātruma datortīklā, vai iepriekš lietotas datorsistēmas.

Pareizi izvēlēts un piemērots datu modelis:

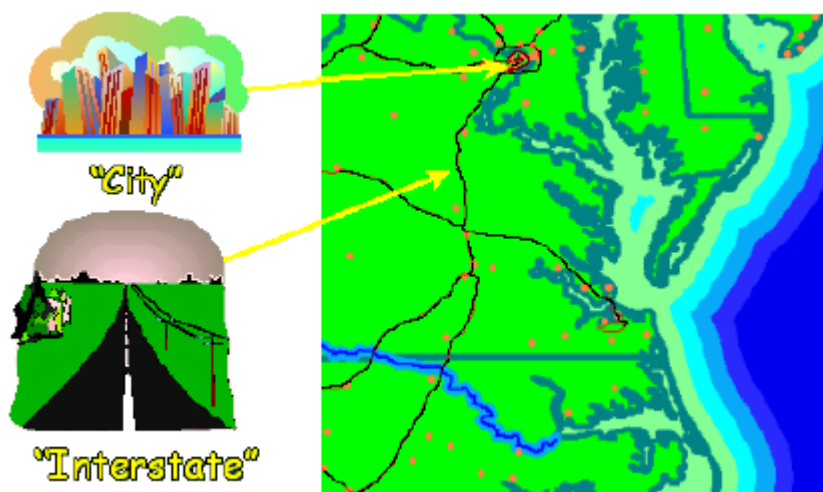
- atļaus prognozēt izmaiņas, kas varētu notikt apvidū;
- noteiks pieejamās analīzes iespējas jaunajam ĢIS projektam, proti, nebūs iespējams prognozēt parādības, par kurām mums nav datu;

- nodrošinās sekmīgu datu apmaiņu starp ĢIS ieinteresētajam pusēm – mēriem, inženieriem – projektētājiem, pašvaldību, Valsts iestādēm u.c.
12. attēlā parādītā Ūdensobjekta loģiskā blokshēma var tikt realizēta praktiski jebkurā modernā ĢIS programmatūrā, kā arī realizācijā var būt lietotas atšķirīgas datu bāzes vadības sistēmas.

3.2. ĢIS slāņi jeb apvidus objektu klases

Apvidus objektu klases ir apvidus objektu reprezentācijas datu bāzē. Attēlā šāda objektu klase attēlojas kā slānis. Slāni ĢIS var iztēloties kā caurspīdi, uz kuras uzzīmēts, piemēram, ceļu tīkls. Uz citām caurspīdēm būs uzzīmētas citas apvidus objektu klases – upes, ūdenskrātuves, meži u.t.t. Praktiski vienmēr konkrētā slānī ir pārstāvēti daudzi vienas klases objekti, bet, teorētiski var eksistēt arī tādi slāņi, kas satur tikai vienu apvidus objekta prezentāciju. ĢIS slāņi jeb caurspīdes ir ģeoreferencēti – tie ir piesaistīti vienai koordinātu sistēmai, tāpēc jebkurš ģeogrāfisks punkts sakrītīs visos slāņos. Ja ģeogrāfiskās piesaistes jeb ģeoreferencēšanas princips kādā slānī nav ievērots, tad varam iedomāties, ka šāda caurspīde ir izgata vota ar citiem izmēriem, vai arī – nav zināms, kur caurspīdei ir augša, bet kur – apakša. Pašsaprotams, ka tamlīdzīgu datu izmantošana ĢIS radīs papildu problēmas tālākajā darba gaitā. Caurspīdes var izņemt no komplekta – izslēgt ĢIS slāni uz ekrāna, vai, tieši otrādi – pievienot ekrāna komplektam, tad tas būs ieslēgts un redzams. Tieši tāpat kā ar iedomātajām caurspīdēm, ĢIS slāņu attēlošanas secību uz ekrāna var izmainīt, parādot „pašā apakšā” aizkrāsotas mežu kontūras, tad upes, bet, augšpusē novietojot zemes vienību robežas. Tādējādi attēlā uz ekrāna ir iespējams maksimāli īsā laikā **izveidot jaunu karti no dažādiem slāņiem**, pie kam ievērojama daļa grafisko elementu, kas veido slāņus, būs redzami vienlaicīgi (neizsegs viens otru).

Tipiski katram slānim ir piekārtoti savi grafiskie atribūti – krāsa, līnijas tips, līnijas resnums, simbols vai aizsvītrojuma veids, kas raksturo šo apvidus objektu konkrētajā kartē un konkrētajā mērogā, kuru mēs dotajā brīdī parādam uz ekrāna vai papīra (13. attēls). Tomēr jāpiezīmē, ka reālie apvidus objekti tikai ļoti retos gadījumos ir aprakstāmi ar vienu pašu grafikas elementu slāni, nereti vienu objektu dabā apraksta vairāku slāņu komplekts. Atšķirībā no CAD sistēmām, katrs ĢIS slānis satur ne tikai ģeometrijas un to grafisko prezentāciju (vizualizāciju), bet arī atribūtus (pazīmes, kas raksturo konkrēto koku vai māju visā apvidus objektu klasē).



13. attēls. Apvidus objekti kartē un piktogrammās.

3.3. ĢIS pārklājums un kategorijas

Nereti grafiskie dati no dažādiem slāņiem ir jāanalizē kontekstā. Piemēram, ja jāaprēķina dati *zemes vienības eksplikācijai* jeb šķērstabulai „zemes vienības pa lietošanas veidu platībām”. Šādā gadījumā visu zemes lietošanas veidu kontūras administratīvajā vienībā ir jāapstrādā kā viens skaitļu masīvs, kuru projicē uz lietošanas veidu kontūru skaitļu masīvu. Iegūto aprēķina rezultātu izmanto eksplikācijas tabulas aizpildīšanai, kas noformējama, piemēram, ar izklājlapu *Excel*.

ĢIS tiek lietots jēdziens pārklājums (angliskie termini var atšķirties – *coverage*, *face*, arī *theme*), kas apzīmē slāņu kopu, kuri veido kopīgu zemes virsmas pārklājumu. Visi zemes lietošanas veidi, atbilstoši vienam klasifikatoram, veido kopēju pārklājumu.

Pārklājums ir telpas modelis ar stingri noteiktu ģeometrisku uzbūvi – topoloģiju (*topology*).

Cits piemērs pārklājumam ir *Corine land cover* zemes izmantošanas veidu klasifikators, kas ir kopīgs visai Eiropas teritorijai. Arī *Corine land cover* izmantošanas veidi, tādi kā: mitrās palienes, meži, vīnogulāji, ledāji u.c. izveido vienotu pārklājumu visa kontinenta teritorijai bez atstarpēm un savstarpējiem pārklājumiem.

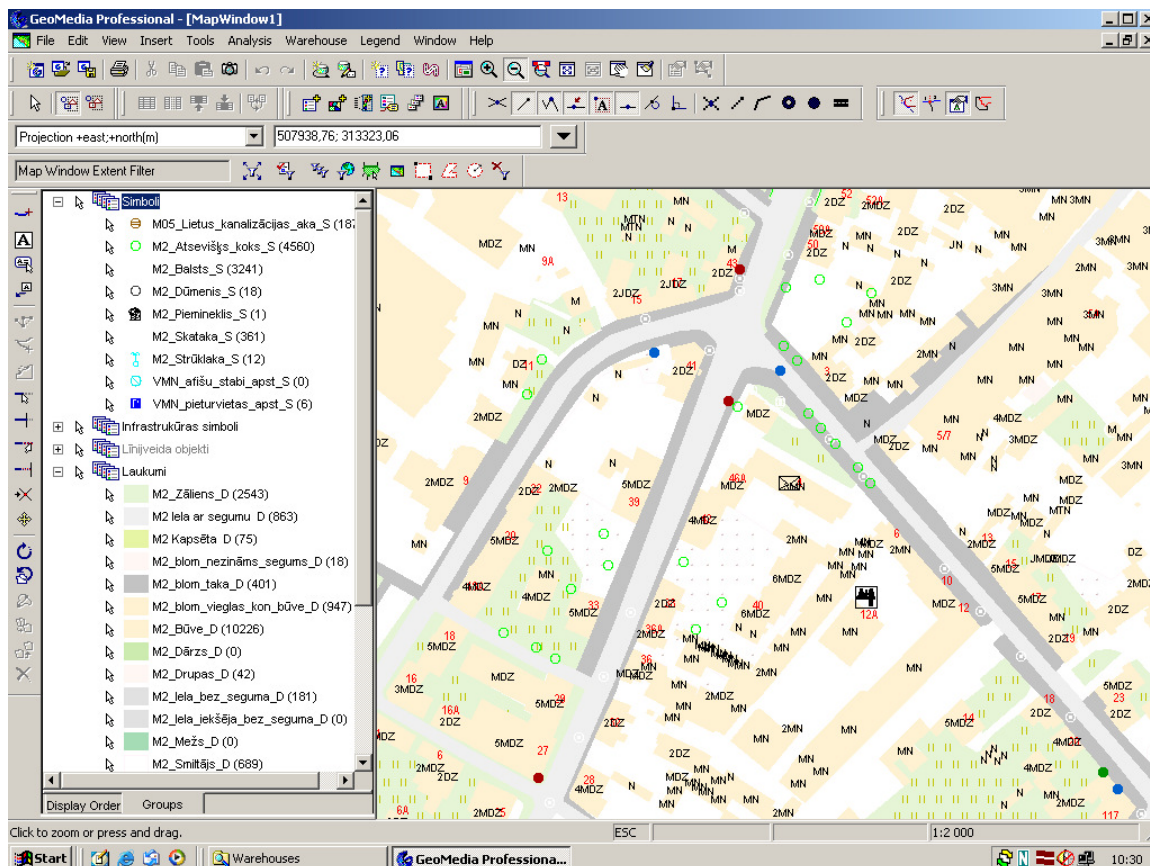
Ikvienam elementam pārklājumā nepieciešams definēt **savienošanas nosacījumus ar citiem elementiem pārklājumā**: robežošanās (*adjacency*), savienošanās (*connectivity*), saskaršanās (*contiguity*), ietveršana (*containment*), sakrišana (*coincidence*).

Kā jau tika pieminēts, dažkārt ar terminu „ĢIS kategorija” (jeb “ĢIS tēma”) tiek saprasts viens, atsevišķs slānis. Tomēr plašāk izplatīts ir priekšstats, ka slāņi apvienojas loģiskajās grupās. Šāda loģiskā grupa arī tiek izmantota ĢIS programmatūrā kā tēma. Piemēram, var būt hidroloģijas tēma, reljefa tēma u.t.t. Kompānija ESRI savās *ARC/INFO* un *ArcGis* programmās konsekventi lieto terminu *coverage*.

Praktiskajā ĢIS pielietojumā loģiskās grupas jeb tēmas neveido pēc klasifikatorā fiksētiem sarakstiem, jo tas ne vienmēr ir vajadzīgs, bet grupē ĢIS slāņus atbilstoši darba plūsmām. Šādas tēmas var tikt sagrupētas arī pēc datu avotiem – iestādēm un organizācijām, no kurām nāk dati.

ĢIS kategorijas (tēmas) vienkāršo gala lietotāja piekļuvi fiziskajai datu struktūrai.

Dati par radniecīgiem apvidus objektiem var ērti tikt izkārtoti pa kategorijām. Pa kategorijām sakārtota datu kopa ir ērti pārskatāma ekrāna leģendā (sk. 14. attēlu). Dažādās ĢIS programmās eksistē kopīgs princips – kartes leģendas izvēršana vai sakļaušana. Tas balstīts uz pieņēmumu, ka visērtāk ir manipulēt uz ekrāna ar ievērojamu skaitu apvidus



14. attēls. Hierarhiskā ekrāna leģenda *Geomedia PRO* V6 atspoguļo loģisko kartes datu modeli.

objektu, tos izkārtotot „koka veida” struktūrā (piemēram, mēroga 1:500 topogrāfiskajā plānā ir aptuveni 500 individuālu slāņu). Tipiski „stumbra” jeb pamata grupu skaits tiek lietots, ne lielāks par 10-15, un katrai no tām veido apakšgrupas. Apakšgrupai var piekārtot atkal nākošā līmeņa apakšgrupas u.t.t. līdz sasniegts vajadzīgais detalizācijas līmenis. Grupas priekšā attēlojas kvadrāts ar krustiņu jeb ar mīnusa zīmi. Ja uz to noklikšķina ar peli, tad zīme mainās uz pretējo un notiek attiecīgās grupas izvēršana (grupas dalībnieku parādīšana kartes leģendā) vai, arī – grupas dalībnieku sakļaušana, kad atsevišķie slāņi tiek noslēpti. Plus apzīmē sakļautu grupu, bet mīnusa zīme – izvērstu jeb detalizētu apakšgrupu. Principu izmanto kā Interneta pārlūkprogrammās, tā arī darba staciju ĢIS lietojumos.

3.4. Datu ievade

Datu ievade ĢIS notiek ar vienu no trijiem paņēmieniem:

- skenēšanu (iegūst rastra attēlu);
- digitizēšanu (ciparošanu, vektorizāciju, kuras rezultātā iegūst vektoru datus);

- transformēšanu (importēšanu) no citām sistēmām un datu formātiem.

Skenēšanas apakšpaņēmiens ir ortofoto kartes izgatavošana no skenētas aerofoto ainas. Skenēt var jebkādus papīra oriģinālus vai to kopijas – plānus, kartes, fotogrāfijas, dokumentus. Pēc skenēšanas ir nepieciešama rastra attēla apstrāde, kas ietver:

- attēla kontrasta regulēšanu;
- attēla krāsu gammas koriģēšanu;
- „trokšņu” minimizēšanu, kas radušies skenēšanas procesā vai bojāta oriģināla rezultātā;
- nepieciešamās attēla daļas „izgriešanu” no skenētā oriģināla;
- citas darbības, kuras izpilda ar kādu no rastra apstrādes programmām, piemēram, *Adobe Photoshop*.

Plānus un kartes pēc skenēšanas un attēla kvalitātes uzlabošanas piesaista koordinātu sistēmai (angliski lieto divus terminus *warp* un *transform*). Iegūst ģeoreferencētus rastra attēlus. Šādi attēli var būt **resamplēti**, t.i. pēc ģeometriskās transformācijas uz jauno koordinātu sistēmu var tikt izrēķināts cits pikseļu skaits pa horizontāli un vertikāli. Tādā gadījumā pikseļiem, kuri nav skenētajā oriģinālā, tiks izrēķinātas interpolētas vērtības pēc resamplēšanas algoritmiem. Populārākie algoritmi ir „tuvākā kaimiņa”, bilineārā interpolācija un kubiskā konvolūcija.

Digitizēšana jeb ciparošana ietver vektoru grafikas darbus, kas pēc būtības ir līdzīgi CAD (automatizētās projektēšanas) darbībām. Ar speciāliem saskarnes rīkiem tiek konstruēti grafiskie elementi – līnijas, pusloki daudzstūri, ievietoti teksti (uzraksti). Atšķirībā no CAD sistēmām, ĢIS programmatūrā, piemēram, *Geomedia* ir iespējams uzstādīt nosacījumu (angliski – *rules*) izpildīšanās pārbaudes. Piemēram, šādi nosacījumi var būt topoloģiski. Ja digitizētā līnija šķēļ kādu daudzstūri norādītajā slānī, tad, automātiski, daudzstūris sadalīsies divos vai vairākos jaunos daudzstūros. Nosacījumi attiecas tikai uz konkrētiem slāņiem un tos sākotnēji iestāda ĢIS administrators. Iespējama arī ciparošana kādā no CAD programmām un datu secīga importēšana ĢIS pēc ciparošanas apjoma izpildes. Šāds apjoms var būt viena kartes lapa. Tomēr datu importa gadījumā vienmēr jā rūpējas par:

- pēc iespējas minimāliem datu zudumiem, pārejot starp formātiem (*dgn*, *dwg*, *shape*, *Geomedia* u.c.);
- datu veselumu;
- datu topoloģisko kvalitāti, kuru nosaka projekta prasības.

Izpildot digitizēšanas darbus ir pieņemts veidot datu ievades operatoram saprotamas un ērtas saskarnes. Praktiski visa CAD un ĢIS programmatūra pieļauj lietotāja rīku patvaļīgu izkārtojumu uz ekrāna, izkrītošās izvēlnes, funkcionālo taustiņu izmantošanu ciparošanas komandām un citu saskarnes elementu rediģēšanu. Var tikt izmantoti ērtie iebūvētie rīki, piemēram, *MicroStation* lietotāja veidotās paletes, vai arī – izmantota *Visual Basic* valoda nelielu makrokomandu izveidei. Lietotāja saskarnei ir divas galvenās īpašības:

- ciparošanas operatoram tā ir intuitīvi jāsaprot;
- saskarnes elementu skaitam un izvietojumam uz ekrāna ir jābūt pārskatāmam, proti, reti lietojamiem rīkiem ir jābūt „paslēptiem”, vai arī – tie vispār nav iekļaujami konkrētā operatora saskarnē.

Digitizēšanas saskarnes var būt pēc patikas daudzas, jo tās ir tikpat individuālas kā cilvēki. Ja kādu specifisku, reti izpildāmu darbību ir nepieciešams izmantot, piemēram, reizi mēnesī, tad to vienmēr varēs izdarīt ar CAD vai ĢIS programmas standarta saskarni, kura ir pieejama tūlīt pēc programmas instalācijas.

Lietotāja saskarņu izveidošanas mērķi ĢIS projektā ir:

- maksimāli piemērot standarta programmu darba uzdevumiem un izpildes specifikai;
- nodalīt darbinieku kompetences (piemēram, kartes operatora un kartes redaktora);
- racionāli izmantot ekrāna laukumu (izkārtotot un „paslēpjot” nevajadzīgos rīkus);
- izmantot operatora spējas atcerēties un pareizi pielietot visbiežāk nepieciešamos digitizēšanas un rediģēšanas rīkus (visbiežāk pielietojamie rīki jānovieto izvēlņu augšdaļā).

Vektordatus var iegūt arī tieši, lauka mērījumu rezultātā, izmantojot GPS uztvērējus vai datorteodolītus. Arī šādā gadījumā atribūtus, piemēram, koka sugu vai diametru, inženierkomunikāciju akas tipu u.c. var savākt tieši un uzkrāt lauka datu uzkrājējā vai portatīvajā datorā. Kamerālo darbu fāzē šādi savāktus vektoru un atribūtu datus var iekļaut ĢIS tieši, neizmējot plānu ar CAD metodēm.

Vienmēr jāatceras, ka sākotnējā datu ievade un rediģēšana ir dārgākā ĢIS ekspluatācijas sastāvdaļa. Ja datu ievades veidi netiks pareizi izplānoti, tad sistēma var tā arī nekad nesākt darboties, pat tad, ja tiks iepirkta vismodernākā un dārgākā programmatūra un pareizi apmācīts personāls.

3.5. Slāņu veidi un to atribūti

ĢIS slāņus jeb objektu klases raksturo atribūti, pie kam katra slāņa atribūtus nosaka definīcija (datu bāzes struktūras tabulas apraksts). Programmatūrā *GeoMedia* katrs slānis tiek aplūkots kā atsevišķa tabula, kuras lauki (kolonnas) apraksta apvidus objekta īpašības – garumu, platumu, dziļumu, adresi, tālruņa numuru u.t.t. pēc nepieciešamības (15. attēls). Nepieciešamos ĢIS slāņa atribūtus nosaka projekta sistēmas analīzes fāzē. ĢIS programmatūra var attēlot praktiski jebkurus apvidus objektus vai dažādu parādību norises vietas (16. attēls). Programmatūra atļauj pievienot jaunus vai likvidēt nevajadzīgus atribūtus visā ĢIS projekta dzīves ciklā, tomēr šāda prakse ir saistīta ar lielu risku pieņemt kļūdainus datu pārvaldības lēmumus, zaudēt vai padarīt nederīgus vērtīgus datus. ĢIS programmatūra arī atļauj pārbaudīt, piemēram, cik daudzām zemes vienībām ir aizpildīts lauks „zemes īpašnieks”, un, šādā gadījumā, tā parādīs tos ierakstus, kuriem pietrūkst īpašnieka. Lietojot CAD programmatūru, šādas pārbaudes iespēja ir liegta.

Edit - viesnīcas

GeneralAttributes

Key	Name	Type	Description
☐	apvien_adrese	Text	
☐	Nr	Text	
☐	ID1	Long Integer	
☐	objekts	Text	
☐	adrese	Text	
☐	tel	Double	
☐	piezimes	Text	
☒	ID2	AutoNumber	
*			

Unset Primary Key

OKCancel

viesnīcas Properties

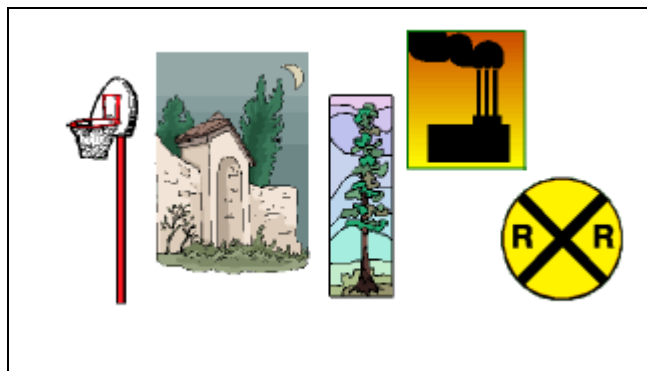
GeneralAttributes

Name	Value
apvien_adrese	Aleksandra Čaka iela 1
Nr	126
ID1	12668
objekts	"Autosole", viesnīca
adrese	Aleksandra Čaka iela 1
tel	7506700
piezimes	Viesnīcas
ID2	1

OKCancel

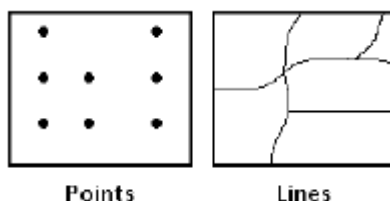
15. attēls. Apvidus objekta – viesnīcas atribūtu saraksts, attēlots ekrāna datu formā.

Slāņi var attēlot praktiski jebkuru apvidus objektu vai notikumu.



16. attēls. Apvidus objekti attēlos un piktogrammās.

Slāņi ĢIS var tikt attēloti kā a) punkti, b) līnijas, c) pusloki, d) teksta elementi (uzraksti), e) rastra attēli. Parasti viens slānis satur tikai viena veida grafikas elementus – vai tie būtu punkti, līnijas vai daudzstūri (17. attēls).



17. attēls. Shematisks punktveida un līnijveida slāņa satura attēlojums.

Galvenie (visbiežāk) pielietotie ģeometriskie elementi ĢIS:

- punkts;
- vienkārša līnija ar diviem galapunktiem;
- lauza līnija (polilīnija);
- daudzstūris (kontūrs, poligons) ar vai bez salīnām;
- ciparu virsmas modelis, kas sastāv no trijstūriem (daudzstūriem).

Kā atsevišķs ģeometrijas tips ir jāizdala teksts, kas ir punktveida objekts, bet, atšķirībā no punkta – simbola tekstam ir virkne specifisku atribūtu (garnitūra jeb fonts), teksta izmērs, orientācijas leņķis plaknē u.c. Dažkārt izdalāmi arī daudzlīniju teksti un paskaidrojošās bultiņas ar tekstu (kartogrāfiskie iznesumi).

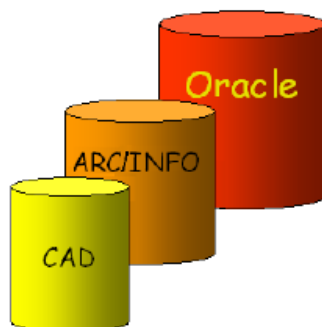
Dažkārt ĢIS tiek lietoti arī tādi slāņi, kuri sastāv no jauktiem grafikas elementiem (punkti un līnijas, līnijas un daudzstūri), taču, lai efektīvi analizētu šādus slāņus, analītiķim ir jāizmanto rīki, kas pārveido grafiku uz viena veida slāni. Piemēram, laukuma objektu slāni var vienkārši pārveidot par līniju slāni, bet punktveida objektus – izdalīt atsevišķā slānī.

Vienlaicīgi ar vektoru grafikas datu ievadi var izpildīt arī apvidus objektus raksturojošo atribūtu uzkrāšanu, proti, programmatūru var uzstādīt tādā digitizēšanas režīmā, pie kura katra grafikas elementa ievades noslēgumā parādās atribūtu datu forma. Forma (ekrāna tabula) piedāvā operatoram ievadīt aprakstošos datus par apvidus objektu, piemēram, ievadīt digitizētās upes nosaukumu. Līdzīgas iespējas ir arī CAD programmu ĢIS virsbūvēm, piemēram, *MicroStation GeoGraphics* vai *AutoCAD Map*.

Tomēr jāņem vērā, ka, piemēram, digitizējot papīra topogrāfiskās kartes, ne visi atribūti, kas raksturo ceļus, ūdensteces, mežaudzes u.c. objektus būs atšifrējami no šīs kartes, jo papīra kartē parādāmais maksimālais informācijas blīvums ir ierobežots. Tāpēc nāksies izmantot arī citus informācijas avotus, kas satur atribūtus. Diemžēl praksē ne vienmēr ir ērti izmantot verbālos pārskatus, tabulas un diagrammas kartes ciparošanas fāzē, jo operators tādējādi ātrāk nogurst, pielaiž kļūdas. Izplatīts ir cits paņēmieni, proti, ka ciparošanas fāzē operators tikai ievada unikālos identifikatorus, piemēram, Valsts autoceļa numuru. Tālāk šos datus piesaista no atsevišķi aizpildītas atribūtu tabulas, izmantojot datu skatu metodi. Šādu autoceļu tabulu var ērti sagatavot, piemēram, Excel izklājlapā.

3.6. Datu noliktavas

Datu noliktavas ir ĢIS datu krātuves (angliski *warehouse*) relāciju datu bāzes vadības sistēmu formātos, piemēram, *Oracle*, *ArcGis*, *ArcInfo*, *Mapinfo* vai CAD formātos (18. attēls). Relāciju datu bāzes vadības sistēmas ir paredzētas efektīvam darbam tādā vidē, kad vienā datu noliktavā paralēli strādā daudzi operatori un analītiķi. Datus datu noliktavā var ievadīt tieši, piemēram, operators to var izdarīt pēc tam, kad *GeoMedia* programmatūrā ir nodibināts savienojums ar *Oracle* datu bāzi. Datus var konvertēt uz datu noliktavu arī pēc ievades procesa beigām no atsevišķiem failiem. Vienā datu noliktavā glabājas daudzu apvidus objektu dati, izkārtoti pa slāņiem.



18. attēls. Datu noliktavas shematisks apzīmējums informātikā – „mucas” piktogramma.

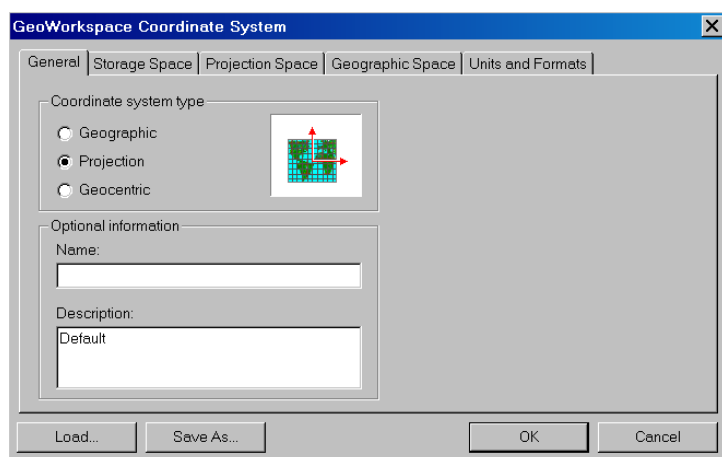
Līdzīgi, ĢIS analītiķis ar Geomedia nodibina savienojumu pie *ArcInfo* datu noliktavas un izpilda vaicājumus. Analītiķa izmantotās datu noliktavas var būt vairākas, ar nosacījumu, ka viņam ir piešķirtas pieejas tiesības uz visām pētāmajām datu bāzēm. Ir iespējams organizēt vaicājumus tādos veidos, kas vienlaicīgi aptver vairākas datu noliktavas (izmantojot *SQL* valodu). ĢIS tehnoloģija nepieprasa obligātu visu datu ielādi datu noliktavās, jo vaicājumi var tikt izpildīti arī uz failu sistēmas datiem. Dažkārt ar terminu „datu noliktavas” saprot arī specifisku relāciju datu bāzes organizācijas shēmu, kas ir ērta analītiskiem darbiem. Ar „datu noliktavas” jēdzienu ir jāsaprot plašāka datu kopa ar vienotu, relāciju datu struktūru un viena veida piekļuves mehānismu datiem.

3.7. Telpisko koordinātu sistēmas atbalsta funkcijas

GIS programmatūrā ir iestrādāta matemātiskā bāze augstākās ģeodēzijas aprēķiniem – pārejām no viena referencilipsoīda (Zemes matemātiskā modeļa) uz citu, darbojas pārrēķini starp atšķirīgām kartogrāfiskajām projekcijām (19. un 20. attēli). Tipiski šāda koordinātu transformācija tiek izpildīta „momentā” (angliski *on the-fly*), neatkarīgi no tā, kādas koordinātas glabājas ĢIS datu bāzē. [9] Lietotājam tikai ir pareizi jānorāda **vēlamais elipsoīds un kartogrāfiskā projekcija**. Tomēr lietotājam ir jāapzinās, ka elipsoīda parametru un kartogrāfiskās projekcijas nomaiņa radīs **sekas: sagrozījumus kartē**. Rīku var droši lietot gadījumā, ja ĢIS speciālists spēj prognozēt kartogrāfisko sagrozījumu raksturu un ievērtēt sagrozījumu maksimāli pieļaujamo lielumu.

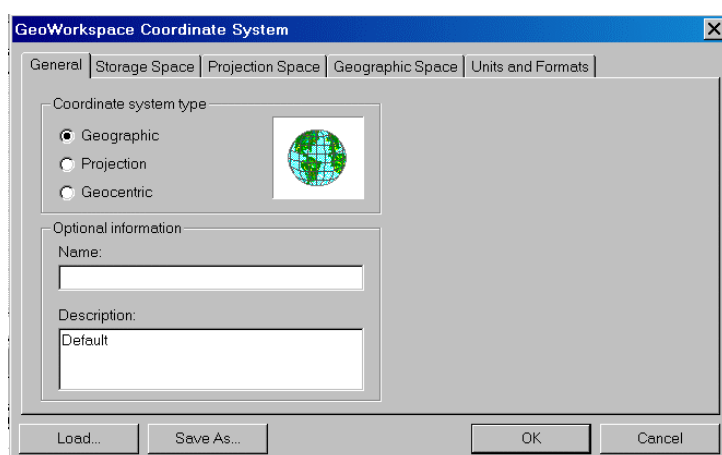
ĢIS datu bāzē var glabāties:

- plaknes koordinātas (XY) un kartogrāfiskā projekcija:



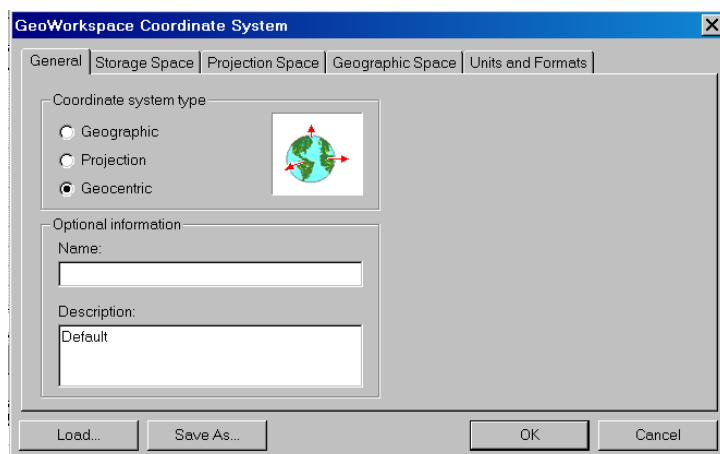
19. attēls. Plaknes koordinātu uzstādīšanas dialogs *Geomedia*.

- ģeogrāfiskās koordinātas (garums un platums);



20. attēls. Ģeogrāfisko koordinātu uzstādīšanas dialogs *Geomedia*.

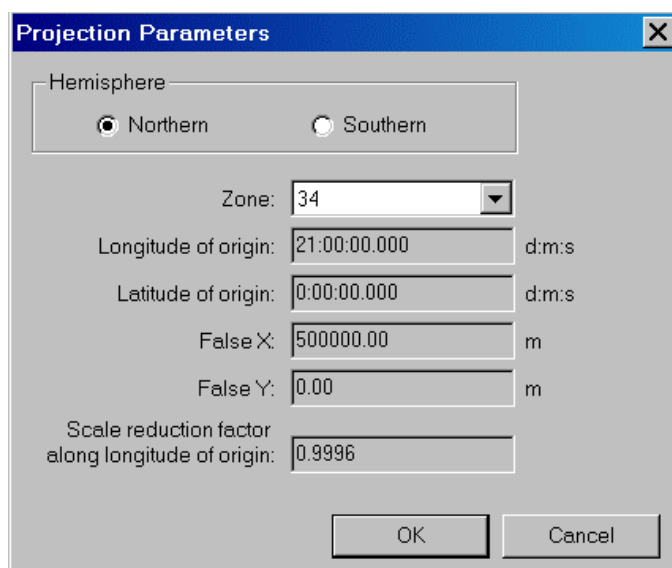
- ģeocentriskās koordinātas (izmanto GPS sistēmās).



21. attēls. Ģeocentrisko koordinātu uzstādīšanas dialogs *Geomedia*.

Kartogrāfiskās projekcijas parametrus ĢIS lietotājs var izvēlēties no saraksta vai arī – ievadīt sev nepieciešamās projekcijas matemātisko aprakstu (22. attēls).

Referencilipsoīds, kartogrāfiskā projekcija, lietotās mērvienības (metri, kilometri vai grādi) ir ĢIS klienta pusē ieslēdzami parametri. Saņemot datus no datu bāzes, lietotājs var brīvi izvēlēties šos un vēl citus parametrus, lai risinātu kartogrāfiskos uzdevumus. Izejas dati (un arī visas lietotāja izdarītās izmaiņas) bāzē glabāsies tajā koordinātu sistēmā, kuru būs izveidojis ĢIS administrators.



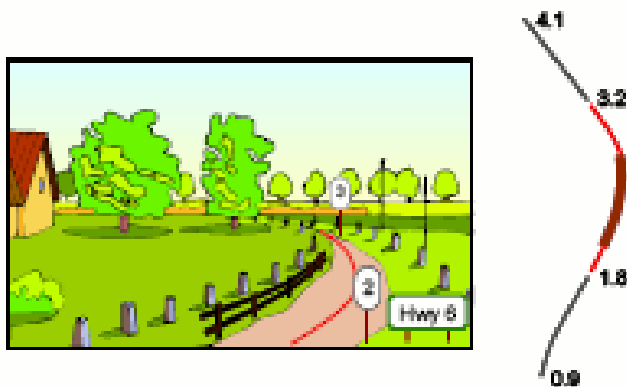
22. attēls. Kartogrāfiskās projekcijas parametru dialogs *Geomedia*.

Ar „momentāno” koordinātu pārrēķinu ĢIS programmatūrā tiek risinātas sekojošas problēmas:

- vienas datu bāzes izdrukā dažāda mēroga un projekcijas papīra kartēs;
- datu savietošana ekrāna kartēs no dažādiem datu avotiem, kuriem nebūs vienādas koordinātu sistēmas un lietotās mērvienības;
- nodrošināta iespēja analizēt atšķirīgus (daudzus) ģeogrāfiskos datu avotus;
- minimizēta (bet ne izslēgta!) nepieciešamība jebkuram lietotājam orientēties ģeodēzijā.

3.8. Lineārās atskaites koordinātu sistēmas

Autoceļu projektēšanā un hidrogrāfijā nereti tiek lietotas lineārās atskaites koordinātu sistēmas. Šāda sistēma, ir piemēram, autoceļa „piketāža” no pieņemta nulles punkta(23. attēls). Viss autoceļš tiek sadalīts posmos pa simtu metriem (piketos) un šie piketi visā ceļa garumā sanumurēti. Līdzīgi rīkojas saldūdeņu hidrogrāfijā, kur upes garumu raksturo lineāri no pieņemtā izteces punkta (ezers, avots vai cits), kuru apzīmē ar X kilometriem, līdz ietekai citā upē vai jūrā, kur šo ieteces punktu apzīmē ar „0” punktu. Lineārās koordinātu sistēmas ir ērtas, piemēram, ceļu remontam un uzturēšanai, jo visus notikumus – remontus, avārijas u.c. dokumentē atbilstoši piketiēm, nevis kartē lietotajai koordinātu sistēmai. Daudzas ĢIS sistēmas satur arī rīkus lineārās atskaites koordinātu ievadīšanai un sasaistīšanai ar telpas koordinātēm. Respektīvi, šādi rīki nodrošina automātisku pārrēķinu jebkuram piketa punktam uz ceļa no lineārās koordinātu sistēmas (attiecībā pret konkrētā ceļa „0” punktu) uz globālo koordinātu sistēmu un otrādi.



23. attēls. Lineārā koordinātu sistēma apvidū(pa kreisi) un uz kartes(pa labi).

3.9. Ģeokodēšana

Arhīvi, grāmatvedības, lietvedības un dažādas tehniskās informācijas uzskaites sistēmas glabā miljardiem datu lauku ar adresu pierakstiem, kas identificē kādas personas, lietas vai parādības piesaisti ģeogrāfiskajai vietai. Nereti parādās nepieciešamība šos datus vizualizēt pat visvienkāršākajā formā – attēlojot atrašanās vietas apkārtnes karti uz ekrāna. Lai realizētu šo vajadzību, ir nepieciešams sastādīt attiecību tabulu starp adresēm un kartes fragmentu centra punktu koordinātēm.

Ģeokodēšana ir process, kurā adreses vai vietvārda tekstam tiek piekārtotas koordinātas vai alfa – numeriskie kodi (piemēram, pasta indekss vai adrešu reģistra kods). Ģeokodēšana ir nepieciešama, lai atribūtu datu bāzes laukiem, kuri satur adreses informāciju, piekārtotu kartes fragmentus. Tādējādi kļūst iespējams vizualizēt jebkurā informācijas sistēmā glabātos adrešu datus ar ekrāna kartēm, kas palīdz ātri atrast adresi, zemes gabalu. [5] Ģeokodēšanas procedūra vispārīgā gadījumā nedod vienu atbildi, bet gan sēriju ar iespējamām koordinātēm. Piemēram, vārdam „Latvija” tiks piekārtotas visas adreses Valstī. Līdzīgi iespējams lietot saīsinātus, nepilnīgus vai pat daļēji kļūdainus vietvārdus vai adreses. Ģeokodēšanas procedūrai ir jāatgriež koordinātu

saraksti kā norādot pilnu nosaukumu „Krišjāņa Barona iela”, tā arī – ja lieto saīsinājumu „Kr. Barona”. LR VZD adrešu reģistrs satur ģeokodēšanai nepieciešamo adrešu datu bāzi ar koordinātēm, tomēr nav zināms vispārīgs algoritms Latvijas apstākļiem, pēc kura varētu ģeokodēt jebkuru teksta rindiņu un atpazīt tajā kādas no iespējamām adresēm. Bez tam adrešu reģistrs satur vismaz divas adreses – oficiālo un Latvijas pasta vajadzībām lietoto, dažkārt vēl tiek glabātas arī citas, alternatīvās adreses un vietvārdi. Informācijas sistēmās, kuras neizmanto oficiālo VZD adrešu reģistra adresi ar unikālu kodu (un tādu ir vairākums), adreses informāciju ne vienmēr var attiecināt uz kādu konkrētu ģeogrāfisku vietu ar koordinātēm.

GIS programmatūrai ir raksturīgi iebūvēti ģeokodēšanas rīki, kas balstās uz ASV lietotajiem ģeokodēšanas algoritmiem, bet tie ir nepiemērojami Latvijai ar tās brīvo adreses veidošanas tradīciju. Iespējams, ka nākotnē tiks izstrādāts un publicēts kāds Latvijas ģeokodēšanas algoritms, kas nodrošinās pietiekami labu sakritības līmeni nepilnīgām adresēm. GIS tiek izmantota arī apgrieztā (reversā) ģeokodēšana, kad ekrāna kartē norādītām koordinātēm tiek piekārtots kāda adrese. Latvijā tas būtu tuvākais VZD adrešu reģistra kods, pēc kura var iegūt arī vārdisku adresi.

Ģeokodēšanai ir liela nozīme pie statistikas metožu izmantošanas GIS, kad nepieciešams vispārināt savāktos datus pa administratīvajām teritorijām, ielām, kvartāliem un aprēķināt vidējos svērtos lielumus dažādām ģeogrāfiskajām teritorijām, kuras nav minētas izejas datu avotos.

3.10. Topoloģija

Topoloģija (grieķiski *topos* –vieta) ir matemātikas nozare, kas pēta figūru savstarpējā novietojuma īpašības, t.i. tādas īpašības, kuras nav atkarīgas no figūru izmēriem, un kuras paliek nemainīgas pie jebkādām deformācijām, izņemot figūru pārrāvumus un figūru apvienojumus.

Piemēram, ja uzzīmē karti uz gumijas loksnes, bet pēc tam šo plāksni izliec, tad atsevišķās kartes kontūras (grafikas elementi) deformēsies, līnijām būs cita trajektorija. Tomēr karti veidojošo līniju un daudzstūru savstarpējās attiecības neizmainīsies.

Ir arī iespējams uz šādas gumijas loksnes uzzīmēt kvadrātu, bet pēc tam deformēt loksnī tā, ka kvadrāts izskatīsies pēc elipses vai apla.

Bet! Jebkurš ceļš vai upe, kas sākas punktā A un beidzas punktā B, arī pēc šādas deformācijas sāksies punktā A un beigsies punktā B.

Ģeometrijas transformācijas (bet ne figūru pārrāvumi, apvienojumi ar kartogrāfisku mērķi) ir GIS datu bāzēs regulāri pielietota tehnika. Datus saņem no dažādiem datu avotiem (ģeodēziskie mērījumi, fotogrammetrija, projektējumi) un tie ir jāapvieno vienotās struktūrās, kurās var izpildīt vaicājumus. Tāpēc praktiski visa GIS programmatūra piedāvā vektoru elementu topoloģisko attiecību kontroli un uzturēšanu pie ģeometrijas rediģēšanas. Tipisks ir piemērs, ja, piemēram, ezeram ir jāiezīmē saliņa. GIS programmatūra šādā gadījumā saglabās saiti – topoloģisko attiecību starp ezera ārējo kontūru un iekšējo, saliņu.

Topoloģiskās attiecības GIS programmatūrā var tikt realizētas:

- 1) programmatūras iekšējā datu modeļa ietvaros;
- 2) procedurāli – ar speciāli programmētām procedūrām, kas to vai citu topoloģisko operāciju izpilda pēc pieprasījuma no operatora puses.

Pirmajā gadījumā ir neiespējami operatora kļūdas gadījumā izveidot, piemēram, daudzstūri, kura kontūra krustojas pati ar sevi. Otrajā situācijā visas topoloģiskās kļūdas

un problēmas tiks attēlotas tikai pēc operatora pieprasījuma un, iespējams, tad jau būs par vēlu, lai izlabotu jebkuru kļūdu. Viena ģeometrijas izmaiņa var automātiski novest pie nākošā nepieciešamā labojuma.

Topoloģiskās attiecības var būt:

- 1) vienas objekta reprezentācijas ietvaros, piemēram, parces attēlojuma ietvaros (sk. augstāk aprakstīto gadījumu ar kontūru, kurā ir paškrustošanās);
- 2) starp vienu objektu veidojošajiem grafikas elementiem – piemēram, starp ēkas kontūru un uzrakstu – stāvu skaitu un materiālu ēkā;
- 3) viena slāņa jeb tēmas ietvaros, kas parasti izpaužas kā attiecības starp „kaimiņu” poligoniem, piemēram, starp parceļu robežām nedrīkst būt pārklājumu vai tukšumu;
- 4) divu vai vairāku slāņu objektu savstarpējās attiecības – piemēram, starp sauszemi un jūru nedrīkst būt pārklājumu vai tukšumu;
- 5) objektu savstarpējās loģiskās attiecības, piemēram, ugunsdzēsības hidrants vienmēr būs pievienots ūdensvada caurulei;
- 6) attiecības „viens pret daudziem”, „daudzi pret vienu” un „daudzi pret daudziem” kā starp grafiskajiem elementiem, kuri attēlo (apraksta datu bāzē) objektu, piemēram, vienam zemes lietošanas veidam var būt tikai viens centra punkts (centroīds);
- 7) savstarpējās attiecības starp objektu veidojošajiem viena tipa grafiskajiem elementiem (*discountinued geometry*) [9], ja šādi grafiskie elementi formē grupu. Piemēram, daudzas ezera salas veido vienotu grafisko grupu, un, jebkura poligonu pārklājuma gadījumā, kas skars kaut vai vienu salu, rezultāts tiks atgriezts kā viens gadījums (ieraksts), lai arī pārklājošais poligons skar daudzas salas. Šajā situācijā telpiskā attiecība ir „uztvert visas atsevišķās ezera salas kā vienotu veselumu”;
- 8) topoloģiskās attiecības starp objektus aprakstošiem grafikas elementiem triju dimensiju virtuālajā telpā.

3.11. „Spageti” vektoru dati un to sakārtošana

Automatizētās projektēšanas un, nereti arī GIS programmās, sākotnēji ievadītie vektoru dati nav topoloģiski sakārtoti, t.i., starp atsevišķiem elementiem slānī nav nodrošināta savstarpēja nepārklāšanās un nekrustošanās, ja tā prasīta specifikācijā. Klasisko *DWG* vai *DGN* rasējumu failu dati ir „spageti” formā (termins aizgūts no garo itāļu makaronu nosaukuma), un, tie nav piemēroti GIS telpisko vaicājumu izpildei bez datu topoloģiskās sakārtošanas. Spageti vektoru dati var pat daudzas reizes attēlot vienu daudzstūri (kontūru) ar neredzamu atšķirīgām koordinātēm virsotnēs, vai arī pretēji – atsevišķas kontūras, kurām jābūt iezīmētām pārklājumā, var nebūt digitizētas. Tā kā CAD programmām var nebūt iebūvēti topoloģijas kontroles rīki, tad par šāda faila datu kvalitāti nevar spriest citādi, kā vien izpildot topoloģijas pārbaudi.

Vektoru dati var tikt topoloģiski sakārtoti tieši datu ievades brīdī no digitāizera (vai no ekrāna). Kvalitātes kontrole izpildīsies, ja GIS programmatūrā, piemēram, *ArcGIS* vai *Geomedia*, ir uzstādīti telpiskie ierobežojumi. Šādi programmatiskie ierobežojumi (angliski *constraints*) brīdina operatoru pie katras kļūdainas koordinātu ievades, un, tādējādi nepieļauj digitizēto līniju savstarpēju krustošanos.

Praktiski visas vektoru ĢIS programmas piedāvā rīkus „spageti” datu sakārtošanai. Tomēr praksē ir sastopami gadījumi, kad konkrētas programmas piedāvātais rīku klāsts ir nepietiekošs, lai atrastu visas topoloģijas kļūdas un tās izlabotu. Nereti atrastās kļūdas norāda uz nepilnīgu datu komplektu, piemēram, ir nepabeigta īpašuma robežas kontūra. Tādos gadījumos operatoram vai darbu vadītājam ir jāpieņem lēmums: vai iztrūkstošos grafiskos datus var atrast citās kartēs un nociparot ar digitizēšanas metodi, vai arī – šāds risinājums nav pieņemams un ir jāiegūst oriģinālie dati no datu turētāja. „Spageti” vektoru datu sakārtošana var būt saistīta ar šādu atbildīgu lēmumu pieņemšanu, tāpēc datu apmaiņā starp organizācijām ir jācenšas izvairīties no nesakārtotu vektoru datu plūsmas.

4. PROGRAMMATŪRAS SASKARNES PAMATPRINCIPI

Programmatūras saskarne ir jebkuras datu bāzes sistēmas “vadības panelis”, kas pēc būtības ir līdzīga ar televizora vai mobilā telefona vadības pogām un ekrāna lodziņiem. Sarežģītākās sistēmās, kā, piemēram, ĢIS, lietotāja saskarnes nereti ir apjomīgas un aizņem ievērojamu ekrāna vietu, dažkārt pat tādu, kura pilnvērtīgi var izvietoties tikai uz lielformāta, 19-21 collu ekrāna.

Lietotājs var komunicēt ar ĢIS datu bāzi, tikai izmantojot šim nolūkam paredzētās lietotāja saskarnes. Vairumam komerciālo ĢIS programmu ir realizēta virkne kopīgu saskarnes elementu, kuru iepazīšana mūsdienās ir uzskatāma arī par daļu no pašas ĢIS tehnoloģijas apguves. Izkrītošās izvēlnes (*menu*), ritjoslas, rīku joslas (*tool bars*) ir tikai daži no mūsdienu programmatūras saskarnes elementiem, kurus apraksta informācijas tehnoloģiju nozares standarti.[17]

4.1. ĢIS ekrāna leģendas

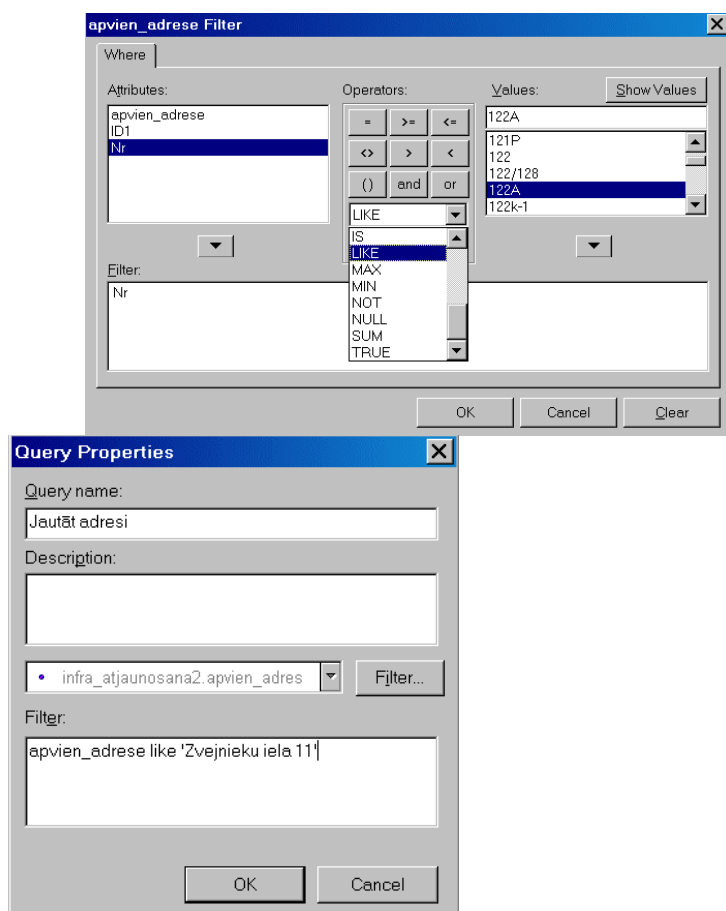
Tāpat kā kartes leģenda papīra kartei, ĢIS ekrāna kartes leģenda norāda, kāda informācija (slāņi) ir parādīti attēlkartē (24. attēls). ĢIS leģenda ir ekrāna forma, kas paskaidro, kādi simboli ir izmantoti kartes logā (attēlkarte, *Window*, *View*). Parasti katram apvidus objektu slānim atbilst viens simbols leģendas logā, bet var arī būt citādi, ja simboli ir izmantoti tematiskajai kartēšanai, un tad vienam slānim var atbilst vairāki simboli. GeoMedia leģenda sniedz informāciju par to, kādas ir slāņa īpašības dotajā brīdī, kā slānis mijiedarbojas ar citiem apvidus objektiem, un, norāda, kāda ir tā attēlošanas prioritāte uz ekrāna. Attēlošanas prioritāte ir „kārtība” uz ekrāna, kas, piemēram, izslēdz gadījumus, kad aizkrāsoti mežu masīvi aizsedz atsevišķus uzrakstus. Uzraksti šajā gadījumā būs jānovieto ar augstāku prioritāti, un tad meži attēlosies zem uzrakstiem un abi slāņi būs labi saskatāmi. Ekrāna leģendas ierakstiem var būt arī citas nozīmes konkrētajā kontekstā un lietotajā ĢIS programmatūrā, piemēram, bultiņas simbols Geomedia ekrāna leģendā pie simbola norāda, ka visi slāņa elementi ir „aktīvi”, t.i. tiem piemīt īpašība, ka uzklikšķinot uz kādu no tiem ar peli, tiek saņemta atribūtu informācija par apvidus objektu.



24. attēls. Geomedia V5 ekrāna leģenda(vienkārša, bez „koka”struktūras).

4.2. Vaicājumi

Atribūtu vaicājumi satur tikai burtciparu pieprasījumus un vienkāršas matemātiskas sakarības (< , > = u.c.). Tie atlasa nepieciešamos aprakstošos jeb raksturojošos datus par apvidus objektu (piemēram, upi vai pilsētu) no visa datu masīva, kas glabājas datu bāzē (25. attēls).



25. attēls. Geomedia V5 atribūtu vaicājums – datu atlase pēc adreses.

Telpiskie vaicājumi ir jautājumi, daži pavisam vienkārši, bet citi – sarežģīti, kurus var uzdot ĢIS. Piemēram, vienkāršs jautājums var būt vaicājums, kurā jāparāda visas pilsētas, kuru iedzīvotāju skaits pārsniedz 5000. Vai, piemēram, var vaicāt pēc pilsētām, kuru iedzīvotāju skaits pārsniedz 5000, un kuras šķērso Valsts nozīmes autoceļi. Telpiskie vaicājumi veidojas situācijās, kad nepietiek tikai ar atribūtu matemātisko sakarību analīzi, bet ir nepieciešams arī analizēt apvidus objektu novietojumu telpā.

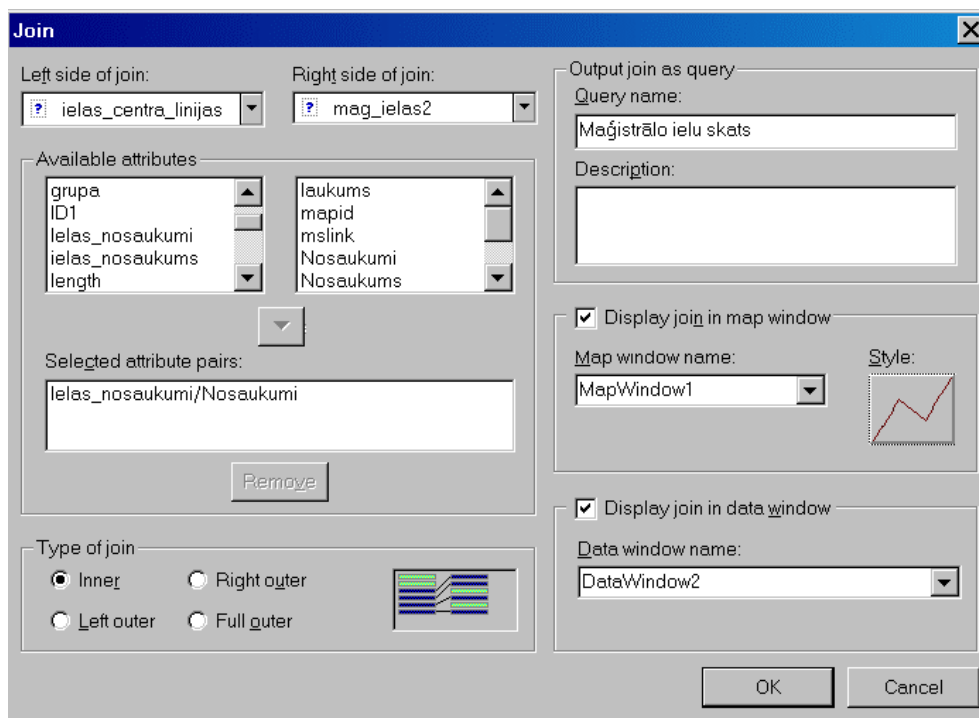
ĢIS tehnoloģijā kombinēti atribūtu un telpiskie vaicājumi atgriež vēlamos rezultātus **ĢIS datu skatos**.

4.3. ĢIS datu skati

Ja ĢIS datu slāņus vienmēr iegūtu tikai datu ievades (ciparošanas, digitizēšanas) procesa rezultātā, tad šai tehnoloģijai nebūtu būtisku priekšrocību, salīdzinot, piemēram, ar digitālo kartēšanu, izmantojot datorizētās projektēšanas (CAD) metodes. Tomēr tā tas nav. ĢIS aizvien biežāk iegūst un izmanto jaunus datu slāņus no ģeometrijām, kuras jau atrodamas datu bāzē. Kā jau redzējām iepriekšējā nodaļā, tad iegūt jaunu slāni var, atlasot datus no kāda cita slāņa ar atribūtu vai telpisko vaicājumu palīdzību. Iespējami arī apvienojošie (*JOIN*) atribūtu vaicājumi, kuru rezultātā tiek kombinētas arī elementu ģeometrijas no vairākām tabulām vienā jaunā „skatā”. Piemēram, mēs varam atlasīt vienā jaunā slānī visu veidu būvju kontūras – kā kapitālas konstrukcijas būves, tā arī

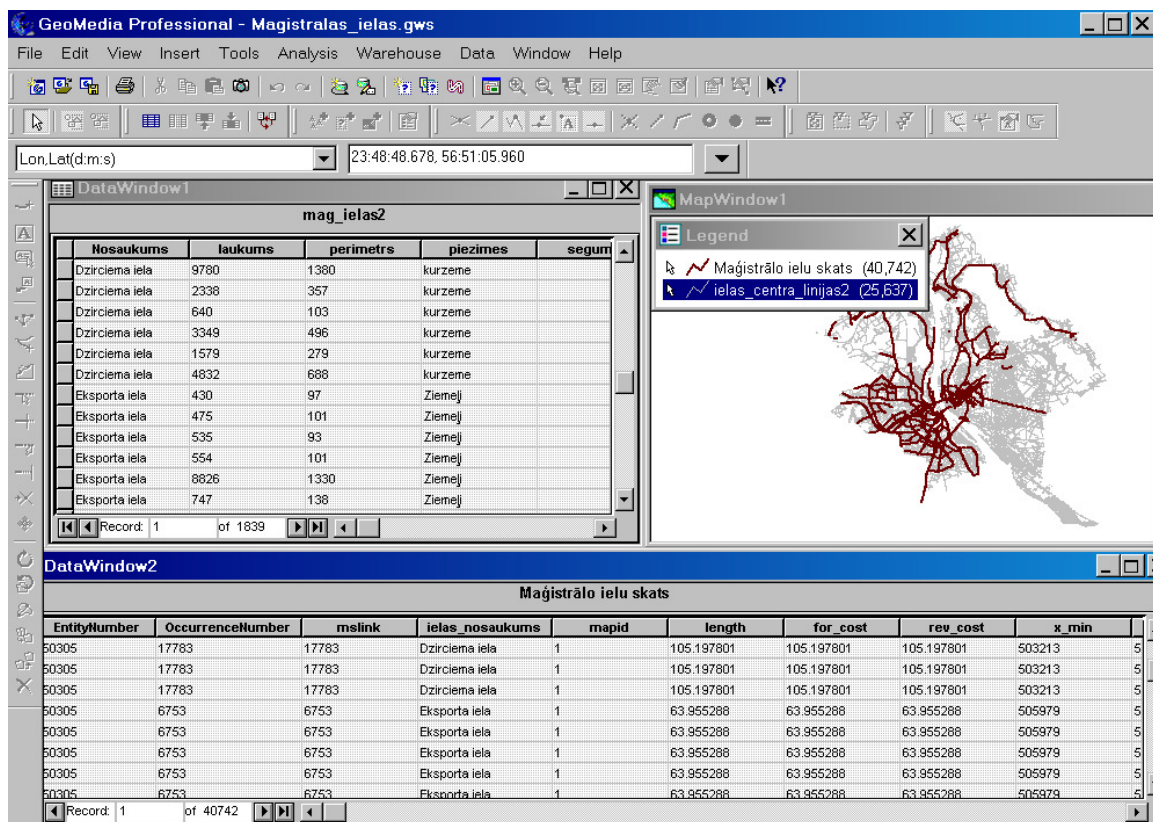
palīgību. Lai to izdarītu, pietiek izpildīt divus, atsevišķus atribūtu vaicājumus un iegūto rezultātu apvienot vienā tabulā. Vairumā mūsdienu ĢIS programmu eksistē vismaz divu veidu datu struktūras, kuras glabā tabulu ar ģeometriskajiem un atribūtu datiem. Pirmā veida tabulas ir „fiziskas” tabulas, kā piemēram, *Excel* izklājlapa, kur glabājas faila veidā uz cietā diska. Otrā veida tabulas ir „virtuālas”, proti, tā ir izdalīta vieta datora operatīvajā atmiņā, kur tiek noglabāti starprezultāti. Tieši šāda veida tabulās uzkrājas Geomedia telpisko un atribūtu vaicājumu atbildes. Izņemot glabāšanas formu – uz diska vai atmiņā, ĢIS tabulām vispārīgajā gadījumā nav funkcionālas atšķirības. **Lai izpildītu nākošo ĢIS vaicājumu ir vienalga vai izejas datu tabula ir „fiziska” tabula, piemēram, Excel formā, vai arī tā ir virtuāla tabula – datu bāzes skats.** Atšķirīgi var būt apsvērumi analīzes gala rezultātu saglabāšanai. Virtuālās tabulas jeb skati katru reizi no jauna tiek aprēķinātas, kad lietotājs izsauc saglabāto darba vidi. Visi rezultāti tiek sagatavoti un iepildīti operatīvajā atmiņā secīgi, pēc saglabātajām vaicājumu formulām. Dažkārt šāds process var būt ilgs. Pastāv arī iespējamība, ka ir izmainījies sākotnējo datu avots – fiziskās tabulas, vai tās ir pārvietotas starp darba sesijām uz citu vietu diskā. Šādos gadījumos programma izdos kļūdu paziņojumu un neizvadīs iepriekš sastādīto tematisko karti vai rezultātu tabulu. Tāpēc analīzes gala rezultātus ir izdevīgi saglabāt fiziskajās tabulās un, dažkārt, papildus arī kādā no datu formātiem, kuros kartes attēlojums ir viennozīmīgs, piemēram, *Adobe PDF*.

Attēlā Nr.26 ir redzams viens no atribūtu skatu veidošanas rīkiem *Geomedia* – tabulu apvienošana (*JOIN*).Lai to lietotu, lietotājs norāda divas tabulas – ielas_centra_linijas un mag_ielas2, tad ar iespējamo lauku nosaukumiem aizpildās dialogs „Available attributes”. Lietotājs norāda atslēgas laukus „ielas_nosaukumi” un „Nosaukumi” (jāpastāv iespējai ar šo lauku saturu izveidot relāciju) un izveidojas jauns „Maģistrālo ielu skats”. Šādi skati ir parādāmi grafiski – kartes logā tad, ja vismaz viena no izejas tabulām satur ģeometriju.



26. attēls. Divu tabulu apvienošana ar *JOIN* operatoru programmā GeoMedia V5.

Attēlā Nr. 27 ir redzams jaunā „Maģistrālo ielu skata” saturs kā tabulas izklājlapas, tā arī kartes skata (attēlkartes, arī *Windows* loga) veidā.

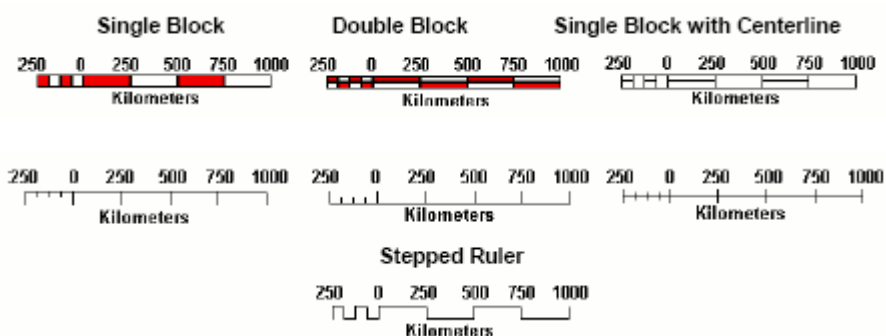


27. attēls. „Maģistrālo ielu skats” vienlaicīgā izklājlapas un kartes skatos.

4.4. Ekrāna mēroga skala un ziemeļu virziena norāde

Kvalitāte un detalizācijas pakāpe, ar kādu karte vai plāns ir praktiski attēlojami uz ekrāna pat tuvināti nav salīdzināmas ar papīra izdruku (sk. 2.nodaļu). Izejot no augstākminētā, ĢIS programmas ikdienas darbā tipiski izmanto dažas, bet ne visus papīra kartes noformējuma elementus (aizrāmja elementus, marginālijas). Salīdzinoši plaši izmanto divas norādes, kas palīdz lietotājam orientēties kartē.

Pirmais no apskatāmajiem elementiem ir ekrāna mēroga skala, kur aptuveni parāda, cik liels attālums uz ekrāna attēlo vienu fiziskās pasaules mērvienību dabā, piemēram, metru vai kilometru (28. attēls). Attālums uz ekrāna vienmēr ir mērojams pikseļos, jo ekrāns ir rastra grafikas iekārta. Lietotājam ir praktiska nozīme redzēt tikai grafisku ekrāna mēroga skalu, jo vārdiskā pieraksts “desmit ekrāna pikseļi atbilst vienam metram dabā” nebūs informatīvs. Grafiskās ekrāna skalas veids un dizains ir maināmi pēc ĢIS lietotāja ieskatiem. Izmainot ekrāna mērogu, mainīsies arī uz skalas attēlotās mērvienības, piemēram, pietuvinot karti, skala attiecinās ekrāna mērvienības pret metriem, bet, attālinot – pret kilometriem.



28. attēls. Dažādi standarta ekrāna mēroga skalu veidi *Geomedia* programmatūrā.

Atkarībā no vietas, kuru pietuvinājis lietotājs, dažāds var būt konkrētā kartes skata azimuts (virziens uz Ziemeļiem). Lai informētu lietotāju par azimuta virzienu, tiek lietots speciāls grafiskais rīks jeb ziemeļu virziena norāde. Norādei var tikt izmantoti dažādi simboli – kompasa “roze”, bulta vai citi. Ikreiz, kad lietotājs maina kartes loga saturu, tiek aprēķināts azimuts attiecībā pret ziemeļu virziena norādes centru un pagriezta bultas smaile pret ziemeļiem.

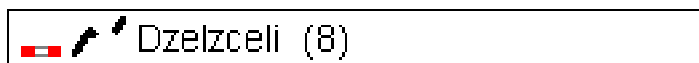
4.5. Ekrāna skatā attēlojamie slāņi atkarībā no mēroga

Viens no mūsdienu ĢIS pamatprincipiem, kas sīkāk atspoguļots arī nodaļā „Vispārpieejams telpisko metadatu lietojuma piemērs” ir neierobežotā koordinātu telpa, kuru var caurskatīt, izmantojot ekrāna skatu (angliskie termini *View*, *Window*). Kartes mērogs ekrāna skatā ir dinamisks, un, piemēram, pirmajā tuvinājumā tas var būt 1:2000000, kas attēlotu visu Latvijas teritoriju. Katrā nākamajā tuvinājumā, kuru iegūst lietotājs ar ekrāna vadības komandām (pietuvināšana, attālināšana u.c.) parādīsies cita mēroga karte, un tā – praktiski bez ierobežojumiem līdz mērogam 1:1 vai pat vēl „tuvāk”. Skaidrs, ka katrā mērogā teorētiski būtu nepieciešama sava karte, bet praktiski šādu karšu komplektu neizdosies sagatavot darbam. Pastāvēs arī problēma ar karšu

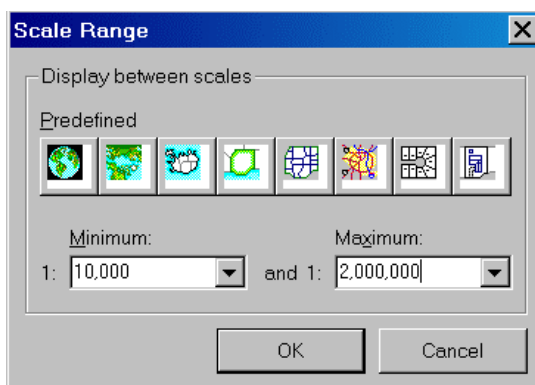
detaļu redzamību uz ekrāna, proti, mērogā 1:2000000 nav ne mazāko izredžu parādīt uz ekrāna Latvijas ciemus, kuru skaits ir aptuveni 10 000, jo ekrāna laukums ir niecīgs (tipiski 600x800 ekrāna skata pikseļu, pārējo aizņem vadības joslas). Savukārt, pietuvinot kādu no mēroga 1: 2000000 kartogrāfiskajiem uzrakstiem ekrāna mērogā 1:2000, tas aizsegs ievērojamu daļu no apvidus objektu detaļām, kas būtu skatāmas šādā mērogā.

Tāpēc ĢIS programmatūrā lieto risinājumu, pie kura noteikti kartes slāņi ir redzami „no mēroga X līdz mērogam Y”. Šos mēroga diapazonus iestāda pats lietotājs, vadoties no apsvēruma par pārskatāmu ekrāna karti, kas atbilst konkrētajam ĢIS darba uzdevumam, piemēram, ceļu tīkla noslodzes pētījumam. Atšķirībā no papīra kartēm vai arī digitālām kartēm fiksētā mērogā, ĢIS plaši lieto datu kopas, kurās izmantoti dažādu mērogu slāņi, bet šo slāņu redzamību izkārto pa diapazoniem tā, lai pietuvinot kādu zemeslodes vietu, automātiski ielādētos cita mēroga karte. Nereti izmanto arī fiksēta mēroga kartes rastra formātā, kuras ir piesaistītas koordinātu sistēmai (transformētas), bet nosaka šādas kartes saprātīgas attēlošanas diapazonu uz ekrāna.

Geomedia programmatūrā uz slāņa attēlošanu noteiktā mērogu diapazonā norāda grafiskās skalas simbols ekrāna leģendā(29. un 30. attēli).



29. attēls. Pazīme ekrāna leģendā, ka slānis „Dzelzceļi” tiks ieslēgts vai izslēgts automātiski, atkarībā no ekrāna mēroga.



30. attēls. Ekrāna mēroga diapazona iestādīšanas dialogs Geomedia.

4.6. Tematiskās kartes un grafiki

Vispārģeogrāfiskā (jeb topogrāfiskā) kartogrāfija pēta kartogrāfējamās realitātes materiālo būtību. Tematiskā kartogrāfija pēta citu zinātņu nozaru informāciju par kartogrāfējamo objektu un parādību materiālo būtību [8].

Tematiskās kartes ir viens no pamata produktiem (līdzās grafikiem un diagrammām), kurus ĢIS „ražo” lēmumu pieņemšanas atbalstam. Tematiskajās kartēs kāda konkrēta apvidus objekta vai parādības statuss tiek izcelts ar apzīmējumu sistēmu, piemēram, aplīšu diametrs ir proporcionāls iedzīvotāju skaitam katrā ciemā, pie kam lielāki aplīši atbilst ciemiem ar lielāku iedzīvotāju skaitu. Arī šādā piemērā tematiskās kartes apzīmējumu sistēmu nosaka statistikas likumi, proti, netiek izmantoti 10 000

dažāda, maz atšķirīga diametra aplīši, bet visus ciemus sadala, piemēram, 5 grupās un katrai piekārto noteikta diametra aplīti. Pie kam diametri katrā no grupām atšķirsies kardināli, vismaz par 1/3 starp pirmo un otro grupu.

Cits risinājums augstākminētajai tematiskās kartes vizualizācijai ir izmantot dažādas krāsas katrai no 5 grupām, ievērojot krāsu saderību. Parasti izmanto vienas gammas krāsu kombinācijas, tumšāko krāsu piekārtojot, piemēram, ciemiem ar lielāku iedzīvotāju skaitu. Tematiskās kartēšanas arenālā ir pēc patikas daudzi paņēmieni, ieskaitot kontūru aizpildījumu ar gadījuma rakstā izkārtotiem punktiem, kuru blīvums uz platības vienību ir proporcionāls iedzīvotāju skaitam.

Vēl cits tematiskās kartēšanas paņemiens ir lietot dažāda raksta (angliski – *pattern*) šķērsvītrojumus. Attālums starp šķērsvītēm, leņķis starp ziemeļu virzienu un svītēm var būt tematiskās kartes vizuālie parametri, kas piekārtojami katrai no grupām.

Vienu paņēmieni var kombinēt ar citu, lai raksturotu parādību pēc iespējas precīzi, piemēram, izmantojot kā dažāda izmēra aplīšus, tā arī šo simbolu, aplīšu krāsas.

Biznesa grafika, kas līdzīga *Microsoft Excel* pieejamajām diagrammām, tiek piedāvāta daudzās populārās ĢIS programmās.

4.7. „Domu” jeb mentālās kartes

Atgriežoties pie ĢIS būtiskās lomas – kalpot par lēmumu atbalsta sistēmas sastāvdaļu, ir jāpiemin fakts, ka jebkura persona savā iztēlē veido unikālu „domu kartes” attēlu reāli eksistējošiem apvidus objektiem. Šāda karte ikvienam cilvēkam būs individuāla un tā var ļoti plašā spektrā nesakrist ar oficiālo apvidus objektu attēlojumu kartē. Īpaši nozīmīgi tas ir gadījumos, ja lēmumus pieņemošā persona labi pārzina doto teritoriju un tai ir savs priekšstats par atainojamajiem slāņiem, izmantojamām krāsām un simboliem. Tipiski, pieņemtie kartes apzīmējumi ir maz informatīvi, tie nesakrīt ar „domu kartes” simboliem, tāpēc pastāv varbūtība ietekmēt vadības lēmumu izmantojot, piemēram, sarkanu krāsu parādības attēlošanā, vai, tieši otrādi – padarot „neuzkrītošu” konkrētu tematiskās kartes slāni ar puscaurspīdīgumu, nelieliem uzrakstiem, citiem pārdomāta dizaina elementiem. Ja fināla kartogrāfiskais materiāls satur lielu daudzumu apvidus objektu detaļu, pastāv iespēja, ka pētītās parādības attēlojums tematiskajā kartē var netikt pareizi uztverts tieši tāpēc, ka detaļas aizsedz būtisko. Tāpēc atsevišķos gadījumos gala rezultāta ģeografiskās kontūras ģeneralizē (vienkāršo) vai pat izmanto mērķtiecīgi sagrozītas ģeometrijas proporcijas, lai uzsvērtu nozīmīgākās telpiskās parādības. Būtiski ir apzināties, kas ir tematiskās kartes produkta adresāts, un, atbilstoši šim secinājumam var izvēlēties kartes ģeneralizācijas pakāpi.[8]

4.8. Notikumu vadīta tematiskā simbolika

ĢIS tematiskās kartes var būt arī dinamiskas, piemēram, satiksmes vadības centros, ugunsdzēsības un glābšanas dispečeru dienestā. Virkne iepriekš sastādītu telpisko un atribūtu vaicājumu pastāvīgi pārbauda kritiskos notikumus, piemēram, vai transporta līdzeklis atrodas uz maršruta trajektorijas vai atrodas pielaides kļūdas robežās no tās. Ja kāds notikums izraisa iepriekš iestādīto nosacījumu izpildīšanos, tad automātiski izveidojas jauns ĢIS slānis, kas tiek attēlots ar citu, viegli ievērojamu tematisko simboliku. Piemēram, sarkans, mirgojošs aplītis vietā, kur transporta līdzeklis

novirzījies no trajektorijas. Līdzīgi var tikt izmantoti daudzi operāciju sistēmas līdzekļi, piemēram, atskaņots audio vai video fails, automātiski nosūtīts trauksmes ziņojums uz e-pasta adresi u.t.t. Līdz ar to ĢIS paplašina klasiskās tematiskās kartes jēdzienu un ir cieši saistīts ar citām datorsistēmām, kuras apstrādā un pārraida notikumu signālus (piemēram, luksoforu ieslēgšana, video novērošanas kameras u.c.).

4.9. ĢIS realizācija – resursdatori un klienta datori

Modernās informācijas tehnoloģiju apakšnozares izmanto virkni vispārīgu pieeju, kuras ir kopīgas, un, to apzīmēšanai bieži pielieto saīsinājumus vai angļu valodas jaunvārdus, kurus neizmanto sarunu valodā. Viena no šādām fundamentālām pieejām skaitļošanas problēmu risinājumam ir serveru jeb resursdatoru izmantošana lielāka lietotāju skaita vajadzību apmierināšanai. Uz katra individuālā datora nav nepieciešams izvietot visu datu kopijas un visas vajadzīgās programmas, jo šos resursus var lejupielādēt no servera. Vispārīgā nozīmē dators, pie kura strādā operators, tiek apzīmēts ar terminu „klients”, bet tas, uz kura atrodas dati un/vai programmas ir „serveris”. Tomēr modernajos IT risinājumos šis dalījums ir neviennozīmīgs, nereti viena programmatūras daļa atrodas uz klienta datora, bet cita, lielākā vai nozīmīgākā – uz servera. Tieši tāpat, viena daļa datu, piemēram, darba dokumenti Word formātā var glabāties uz klienta datora līdz brīdim, kad dokuments ir pabeigts, un tad to nosūta (*check-in*) serverim saglabāšanai uzņēmuma datu bāzē. Ir virkne tipisku servera programmatūru, piemēram, pasta e-servera programmatūra, dokumentu pārvaldības un relāciju datu bāzes vadības sistēmas u.t.t. Līdzīgi, praktiski ikvienam datora lietotājam ir nācies saskarties ar kādu no interneta pārlūkprogrammām – *Internet Explorer*, *Netscape*, *Opera* vai citu.

ĢIS ir iekārtots uz tām pašām tehnoloģijām, kuras apmierina vispārīgā IT lietotāja vai administratora vajadzības. Plaši tiek izmantoti resursdatori jeb serveri, kuri izpilda sekojošas galvenās funkcijas:

- nodrošina e-pasta sakarus un interneta pārlūkošanu;
- izpilda datoru tīkla savienošanas darbības, piemēram, apvieno attālinātus datorus vienā loģiskajā tīklā ar kopīgu piekļuvi resursdatoriem;
- nodrošina visus tīkla lietotājus ar izdrukas pakalpojumiem;
- nodrošina relāciju datu bāzes vadības sistēmas darbību u.c.

ĢIS nevar eksistēt atrauti no augstākminētajām funkcijām, jo – tā nav individuāla datorizētās projektēšanas (*CAD*) vai ciparu kartēšanas darba vieta. Minētais spriedums ir pareizs arī tad, ja viena individuāla darba vieta uzņēmumā ir apgādāta ar vismodernāko ĢIS programmatūru, bet, kā nereti praksē novērots, ja šādai darba vietai nav nodrošināta datu apmaiņa ar citām uzņēmuma darba vietām, tad netiek atrisināts galvenais uzdevums – vadības lēmuma pieņemšanai kritisku datu apstrāde. ĢIS var sekmīgi darboties tikai uzņēmuma saskares punktā starp plānu/karšu grafisko materiālu un kritiski svarīgiem atribūtu jeb aprakstošajiem datiem. Piemērs: transporta plānošanas lēmumiem ir nepieciešams kā aktuāls plānu materiāls, tā arī jaunākie dati par izvietotajām ceļa zīmēm un notikušajām avārijām konkrētā vietā (telpiskā piesaiste).

Patreizējā IT attīstības momentā resursdatoram jeb serverim trūkst izteiktas definīcijas – daudzus resursu pakalpojumus var sniegt un praksē arī sniedz citu kolēģu darba stacijas jeb klienta datori. Vēl vairāk – vienā fiziskajā datorā var darboties pēc patikas daudzi „servera” procesi, t.i. tādi procesi, kas sniedz resursu pakalpojumus citiem datoriem. Atsevišķs servera process var norisināties uz daudziem fiziskajiem

datoriem – tā saucamā klasteru tehnoloģija skaitļošanā. ĢIS lietotājam ir svarīgi apzināties, ka servera pakalpojums ir virtuāls. Ja piemēram, šodien kaut kur vispasaules tīmeklī tiek publicētas kartes no viena fiziskā datora, darbinot konkrētu publicēšanas programmatūru, tad nākošajā dienā šis pakalpojums var tikt pārņemts uz pavisam citas platformas serveriem citā ģeogrāfiskā vietā, un, klients jeb datu lietotājs to pat neuzzinās. Tieši šādi virtuāli serveri kā aparatūras, tā arī programmatūras jomā ir viens no IT sasniegumiem pēdējā gadu desmitā (sākot no 90.gadu otrās puses). Pieņemot, ka karšu publicēšanas internetā ekonomiskie, politiskie un pat zinātniskie apsvērumi var bieži izmainīties, „klientam slēptā” resursdatora pieeja ir daudz elastīgāka par kādreizējo ĢIS tehniskā nodrošinājuma principu: „**datora, programmatūras un datu formātiem ir jābūt vienotiem un no viena ražotāja**”. Protams, virtuālai resursdatora nomaiņai ir arī principiāls trūkums – proti, speciālistiem ir jāapgūst vairākas sistēmas, brīvi jāorientējas strauji mainīgajā IT klāstā. Tomēr šīs grūtības var salīdzināt ar e-pasta nodrošinātājā (*provider*) maiņu, kuru ikviens var izdarīt pēc savas iniciatīvas jebkurā no desmitiem brīvo pasta pakalpojumu serveru. Tādējādi, faktiski ikviens datora lietotājs var izveidot pēc patikas daudzas virtuālās „pastkastītes” jeb adreses (kas arī ir resurss), kā arī iegūt praktiski neierobežotu brīvo disku vietu dažādos pasta serveros (būtiski aparatūras resursi ir vieta uz diskiem un pieejamās operatīvās atmiņas daudzums).

Visbeidzot, eksistē virkne komplicētāku datorprogrammu, piemēram, projektēšanas sistēma *Bentley MicroStation*, kura pie parastiem apstākļiem darbojas kā klienta darba vieta, bet pie specifiskiem nosacījumiem var strādāt kā resursus sniedzošā servera programmatūras sastāvdaļa (*MicroStation* ietilpst *Bentley Publisher* Interneta publicēšanas servera sastāvā). Tomēr – šādi atsevišķi izņēmumi tikai apstiprina vispārīgo IT dalījumu klienta un servera programmatūrā.

5. DATU APMAIŅA UN STANDARTIZĀCIJA

Datu apmaiņai starp dažādām datorsistēmām ir būtiski:

- Vai apmaināmie dati ir rastra, vektoru, virsmas modeļa vai atribūtu;
- Kādi ir loģiskie datu modeļi (datu struktūras), pēc kuriem vadoties šie dati ir uzkrāti;
- Kādi ir konkrētie datu formāti – *shape*, *dgn*, *dwg* u.t.t.

Atkarībā no apskatāmās dabas parādības (piemēram, meteoroloģiskie novērojumi), telpiskie dati var būt ar ļoti vispārīgu detalizācijas pakāpi (Vidzemes augstiene, Zemgales līdzenums u.t.t.), vai arī būt ārkārtīgi detalizēti. Dažādās ĢIS pielietotie modeļi un datu struktūras ir vēl neviennozīmīgāk interpretējamās citā ĢIS. Ja loģiskie datu modeļi ir dažādi, tad datu fiziskā transformācija, piemēram, no *dgn* faila *shape* failu vēl nenozīmē sekmīgu datu apmaiņu starp divām sistēmām. Nereti datu apmaiņu ierobežo vēl citi faktori, piemēram, ar dažādu precizitāti izpildīti mērījumi divās apvienojamās datu bāzēs, kas izraisa datu topoloģiskās kvalitātes problēmas apvienotajā datu bāzē. Līdzīgas problēmas var piemēklēt ĢIS speciālistus arī savācot un apvienojot atribūtu datus no dažādiem avotiem, kuros nav izmantoti vienoti identifikatori (atslēgas). Piemēram, vienā statistikas krājumā ir dotas vērtības, kuras attiecas uz administratīvajām vienībām (pagastiem) līdz administratīvās reformas uzsākšanai, bet citā – jaunie dati, kas izkārtoti pa reformas gaitā izveidotajiem novadiem.

Datu apmaiņas problēmu risinājumus var meklēt visdažādākajos veidos, piemēram, izmantojot programmēšanas iemaņas ĢIS programmatūrā un statistikas metodes, bet efektīvākais veids vērtīgu datu kopu izmantošanai ir telpisko datu **STANDARTIZĀCIJA**.

5.5. OpenGeospatial Consortium organizācija

OpenGeospatial Consortium (saīsināti apzīmē ar OGC) ir starptautiska bezpeļņas organizācija, kas pēc brīvprātības principiem attīsta telpisko datu standartus. [18] OGC aptver komerciālās ĢIS programmatūras ražotājus (AutoDesk, ESRI, Bentley, Intergraph, Mapinfo un citas kompānijas), kā arī ĢIS lietotāju pārstāvjus. Organizācijas rekomendācijas nav obligātas, bet tās ir plaši atzītas ĢIS sabiedrībā. OGC rekomendācijas un piedāvātos datu apmaiņas standartus respektē tādas nacionālās kartogrāfijas organizācijas (Valsts zemes dienesti) kā Lielbritānijas „Ordnance survey” un Dānijas „KMS”. OGC apraksta (standartizē) KATALOGU PAKALPOJUMUS (*Catalog services*). Organizācija darbojas daudzās apakškomisijās pēc dalībnieku interešu grupām, katra no tām saskaņo un apstiprina standartus kādā no ĢIS jomām. Tā kā ĢIS tehnoloģijas „interesu sfēra” aptver ļoti plašu zinātnes un tautsaimniecības interešu kopu, tad OGC nodarbojas arī ar citu – nacionālo un institucionālo standartu harmonizāciju, tā meklē konsensusu atšķirīgās pieejās ģeogrāfisko un grafisko datu izmantošanā, sadarbojas ar citām datortehnoloģiju standartizācijas organizācijām.

Pašreiz praksē lietoto ģeogrāfisko un grafisko datu standartu skaits ir iespaidīgs – daudzi simti vai pat tūkstoši formālo datu kopu aprakstu, kurus lieto nacionālās organizācijas vai atsevišķu nozaru uzņēmumi. Vairums šo datu standartu ir pieejami tikai dienesta lietošanai un tie satur ļoti specifiskus norādījumus, kas attiecināmi uz lietoto ĢIS operāciju sistēmu, datortehniku un konkrētas versijas

programmnodrošinājumu. Specifiski ir arī datu kontroles mehānismi, kas ietver dažādas lietvedības operācijas un nosacījumus, kas praktiski nav izpildāmi ārpus organizācijas, kura uztur ĢIS. Nereti ĢIS datiem nav definētas autortiesības, t.i. nav formāli aprakstīti nosacījumi, uz kādiem to vai citu datu kopu var iegādāties vai lietot personas un organizācijas ārpus īpašnieka kompānijas. Visi šie neskaidri definētie metadati rada ievērojamas problēmas efektīvai grafisko datu izmantošanai, un, tādējādi kavē ĢIS attīstību. OGC uzdevums nav panākt vienota ĢIS datu standarta izveidi, kas aptvertu visas zemeslodes organizācijas un kompānijas, bet gan piedāvāt tādas risinājumus datu koplietošanai, kas apmierinātu vairākumu ĢIS izstrādātāju un lietotāju. Acīmredzami, ka mūsdienās šādi tehnoloģiskie risinājumi būtu tā vai citādi saistīti ar Interneta izmantošanu.

5.6. Apvidus objektu klasifikators

Lai sekmīgi atrisinātu ĢIS analītiskos uzdevumus, ikviena entītijas datu modelī ir jāapgādā ar unikālu, viegli atpazīstamu un saprotamu kodu, kurš būtu pēc iespējas nemainīgs laika gaitā. Šādu kodu nodrošinātu vispāratzīts klasifikators. Darbs pie Latvijas Apvidus objektu klasifikatora uzsākts 1997.gadā [12] un turpināts Valsts zemes dienestā, tomēr pēdējā darba rezultāti pagaidām nav publicēti [1].

Pirmais solis šāda klasifikatora izveidē ir noteikt vispārinājuma pakāpi, un, atbilstoši šai pakāpei, definēt apvidus objektu vārdiskus aprakstus. Neviena klasifikators nekad nevar aptvert visas zinātnes un tautsaimniecības nozares, tāpēc arī šeit ir jāvadās no racionāliem apsvērumiem par pētāmo parādību spektru un parādībām atbilstošiem apvidus objektiem.

Apvidus objekts ir pasaules daļa, kuru mēs uztveram kā vienotu veselumu. Tas, cik liela ir šī daļa, ir atkarīgs no mūsu interesēm un zināšanām. Piemēram, apvidus objekts var būt „mežs” vai arī – mēs varam izdalīt entītijas „atsevišķs koks”. Pastāv iespēja izdalīt vispārējus koku tipus (kā to nereti pielieto topogrāfiskajā kartogrāfijā) „skujkoks” un „lapu koks”, bet, ar tādām pašām sekmēm mēs varam iedalīt kokus sīkāk, līdz konkrētai koku sugai.

Apvidus objekts ir kopums, kurš sevī ietver:

telpisko aprakstu;

īpašību aprakstu;

iespējamo darbību aprakstu.

Objekta īpašības:

- **Vispārināšana** (*abstraction*)
 - šī īpašība nodrošina īstenības atspoguļošanu datorsistēmā. Realitātes daļas kodē kā objektus, kas, pēc iespējām un nepieciešamības, ietver attiecīgās realitātes daļas īpašības un iezīmes, tai skaitā ģeometriju;
- **Ietveršana** (*encapsulation*)
 - objektā glabājas informācija par to, kā tas rīkosies noteiktos apstākļos. Lietotājam nav jāzina objekta iekšējā uzbūve, ne arī nosacījumi, pēc kuriem objekts darbojas. Vienu un to pašu uzdevumu, piemēram, „iezīmējies kartē”, dažādi objekti veiks dažādi;
- **Dažādība** (*polymorphysm*)

- datu izmantotājs var nezināt, kādai klasei pieder dotais objekts. Šī nezināšana netraucēs izmantot objektu. Objekts dažādos apstākļos var piederēt dažādām klasēm, piemēram, tālruņa būdīņa ir būve, kā arī telekomunikāciju objekts;

- **Pārmantojamība** (*inheritance*)

- veidojot jaunu objektu no esošā, jaunais objekts pārmanto visas vecā objekta īpašības un iezīmes. Pārmantojamība var kalpot par pamatu datu ģeneralizācijai.

Objektu savstarpējā saistība:

- **Objekta iezīme** (identitāte, *ID*)

- ļauj atšķirt divus, pēc raksturojuma vienādus objektus;

- **Objektu klasifikācija**

- objektu grupēšana pēc informācijas struktūras, uzvedības un nozīmes. Var balstīties uz objektu pārmantojamības īpašību;

- **Objektu savstarpējā saistība**

- var būt piederības, telpiskās un citas sakarības, piemēram, logs ir mājas sastāvdaļa, vai, koks aug pļavā;

- **Sakopšana** (*aggregation*)

- vairāku dažādu objektu apvienojums veido jaunu objekta klasi;

- **Grupēšana** (*grouping*)

- vairāku vienādu objektu apvienojums veido jaunu objekta klasi.

Dati par objektiem iedalīti četrās grupās: **pamatdati, ģeometrija, atribūti un metadati**.

ID (identity, iezīme) tiek izmantots, lai savstarpēji atšķirtu objektus (nevis objektu klases). To veido katrā sistēmā atsevišķi. Vienas informācijas sistēmas ietvaros jebkuru objektu viennozīmīgi jāatpazīst pēc tā ID.

Definīcija ļauj noteikt doto objekta klasi dabā. Definīcijas būtu jāveido tā, lai nerastos pārpratumi, nosakot apvidus objekta robežas dabā. Balstoties uz Apvidus objektu klasifikatora definīcijām un uzmērot vienu un to pašu objektu, dažādiem speciālistiem būtu jānonāk pie viena un tā paša uzmērīšana rezultāta. Šādā gadījumā dažādu institūciju dati ir salīdzināmi.

Objekta apraksts netiek glabāts vienā tabulā un pat ne vienā datu bāzē. Daļa informācijas ir atrodamā tikai Apvidus objektu klasifikatorā, (piemēram, definīcijas), bet daļa glabājas organizāciju iekšējos katalogos, (piemēram, attēlošanas katalogos). Šādiem organizāciju (vai atsevišķu ĢIS projektu) iekšējiem katalogiem ir jābūt saskaņotiem ar Apvidus objektu klasifikatoru.

Lietojot relāciju datu bāzes tehnoloģijas, ir iespējams ļoti precīzi aprakstīt apvidus objektu, izmantojot savstarpēji relētas tabulas, bet grafiskais attēlojums uz ekrāna (papīra) būs tikai kartogrāfa pieņemts vispārinājums, ar kura parādīt apvidus objekta „klātesamību” dotā mēroga tematiskajā kartē. Citiem vārdiem sakot, mūsdienu datu bāzes tehnoloģijas pārsniedz tematiskās kartes vizualizācijas iespējas vienā, fiksētā mērogā. Datu bāzē glabājas daudz plašāka informācija par to, kuru mēs varam parādīt kartē.

5.7. Telpiskie metadati

GIS datu bāzē bez rastra, vektoru un atribūtu datiem glabājas arī **metadati** jeb dati par datiem. T.i. – datu avots, izveidošanas laiks, vieta, krāšanas principi, lietotie klasifikatori un pārklājums, kāds ir konkrētajai datu kopai. Piemēram, ziņas par to, ka augšņu karte pārklāj (ir pieejami dati) tikai 50% no rajona teritorijas. Tieši metadatiem modernajās GIS sistēmās tiek pievērsts aizvien vairāk uzmanības, jo šie dati ir „agrīnais brīdinājums” jebkuram lietotājam par datu kopas izmantošanas lietderību, vai, tieši pretējo – pārliecības iegūšanu, ka projekta sekmīgai norisei ir nepieciešams organizēt mērniecības vai fotogrammetrijas darbus.

Interneta metadatu serveri satur arī norādes, kur meklēt nepieciešamos datus tad, ja uz konkrētā servera tādu nav. Interneta lietotājs šajā gadījumā automātiski nonāk pie nākošā Interneta servera, un, tādējādi var ātri atrast vajadzīgos datus vai uzzināt reālā datu turētāja kontaktadresi (ja datu kopa ir par samaksu).

Starptautiskās standartizācijas organizācijas ISO metadatu standarta mērķis ir nodrošināt ar DATUS APRAKSTOŠO struktūru ģeogrāfiskos datus tādā veidā, lai lietotāji var noteikt atrašanās vietu, piekļūt, izvērtēt datu paraugu, nopirkt un izmantot ģeogrāfiskos datus.

Avots: ISO-19115 (2003) – Geographic information – Metadata

Citiem vārdiem var teikt, ka metadati ir dati par datiem...

Standartizēti telpiskie metadati ir:

- Datu identifikācija;
- Telpiskās un laika perioda robežas datu kopai (kad un kur dati ir aktuāli);
- Telpiskās atsauces;
- Atribūtu nozīme un to precizitāte;
- Datu izplatīšana un atbildība par to.

5.8. ES INSPIRE direktīva

Eiropas Savienība 2004.gadā ir pieņēmusi direktīvu INSPIRE. Šī direktīva paredz telpisko datu infrastruktūras (angliskais saīsinājums *SDI*) attīstību visās dalībvalstīs. [14]

Telpisko datu infrastruktūras direktīvas galvenie principi:

- 1) Vispirms nepieciešams nodrošināt publisku pieeju ģeogrāfiskajiem (telpiskajiem) metadatiem, pie kam šādai pieejai jābūt bezmaksas;
- 2) Visiem ES pilsoņiem un organizācijām jānodrošina pieeja kvalitatīviem telpiskajiem datiem;
- 3) Telpisko datu standartiem jābūt atvērtiem, tiem jānodrošina sadarbspēja (*interoperability*) [17] starp dažādu ražotāju ģeogrāfiskajām (grafiskajām) programmatūrām;
- 4) Telpisko datu standartiem jāatbilst ISO/TC211 rekomendācijām;
- 5) Par telpisko datu lietošanu ir jāmaksā autortiesību atlīdzība datu bāzes turētājam vai datu īpašniekam, izņemot datu kopas, kuras paredzētas publiskai lietošanai.

INSPIRE direktīva paredz institucionālo sadarbību Valsts un reģionālajos līmeņos un arī tehniskos risinājumus telpisko datu izplatībai. Telpisko datu piekļuves mehānismi ir internet servisi (speciālas programmas), kurus var izmantot lietojumprogrammas, piemēram, *ArcGis* un *MicroStation GeoGraphics*. Lietojumprogramma saņem kartes fragmentu kā atbildi uz telpisko jautājumu, kurš uzdots internet telpiskajam servisam.

Būtiska loma atvēlēta arī ģeoportālu attīstībai un adrešu informācijas sistēmu attīstībai.

Pretstatā ES INSPIRE iniciatīvai, galvenās ASV kartogrāfisko datu kopas ir publiski pieejamas bezmaksas lietošanai jau vairākus gadus (līdz noteiktam mērogam vai detalizācijas pakāpei).

5.9. Datu apmaiņas risinājumi

Visas mūsdienu ĢIS programmas satur vismaz dažus no savstarpējiem datu apmaiņas risinājumiem. Minimums ir iespēja importēt un eksportēt AutoCad dxf apmaiņas formāta failus, plaši sastopama arī *Mapinfo MID/MIF* apmaiņas failu izmantošanas iespēja. Jaunākās paaudzes programmas nodrošina arī ESRI *shape* failu un *AutoCad 2000 dwg* failu importu un eksportu. Tomēr, zināmi datu zudumi pārveidojot CAD un ĢIS vektoru formāta failus ir visai tipiska parādība. Tas saistīts ar galveno programmatūras ražotāju atšķirīgajām pieejām vektoru grafikas vizualizācijā un ilgstošu (vairāk kā 20 gadus) visaptveroša, oficiāla datu apmaiņas standarta iztrūkumu. Izmantojot šo faktu, programmatūras tirgū ir parādījusies vismaz viena kompānija – **FME Systems**, kas piedāvā kvalitatīvu ĢIS datu apmaiņas programmatūru starp visiem populārākajiem formātiem, ieskaitot vizualizācijas saglabāšanu (iespēju robežās, jo eksistē dažas vizualizācijas īpatnības, kas nav attēlojamas visos formātos vienlīdz labi), un, topoloģijas pārbaudi.

Nākotnē datu apmaiņas formāta lomu varēs nodrošināt valoda *Geography Markup Language* (GML) un tās vizualizācijas standarts *Scalable vector graphic* (SVG).

Pirms izvēlēties programmatūras rīkus datu apmaiņai starp ĢIS, ir rūpīgi jāsavāc visi par datu kopu pieejamie metadati – lietotās koordinātu sistēmas, pārklājums, slāņi un to atribūti. Tad jānoskaidro, kādi vizualizācijas rīki ir izmantoti, īpašu vērību pievēršot simbolu bibliotēkām un lietotajiem fontiem (burtu garnitūrām). Ja vizualizāciju citā formātā nevarēs realizēt pilnībā kādu programmas ierobežojumu rezultātā, tad ir iespējams izveidot mākslīgus, vienu vai vairākus „kosmētiskos” kartes slāņus, kuros var izvietot topoloģiski nesaistītus un ar analīzes rīkiem citādi neizmantojamus vizualizācijas simbolus.

5.10. GML un SVG valodas

Izmantojot OGC rekomendācijas, XXI gadsimta pirmajos gados ir izstrādāta *Geographic Markup Language* (GML) tehnoloģija, kuru dažkārt sauc arī par „valodu” pēc analogijas ar programmēšanas valodām, piemēram, *Basic* vai *Pascal*. GML galvenās raksturiezīmes ir sekojošas:

- Plaši rekomendēts ģeogrāfisko, grafisko un atribūtu datu apmaiņas standarts (pēc stāvokļa uz 2005.gadu);
- Atšķirībā no ESRI *shape* vai AutoDesk *dwg* failiem, GML saturu var lasīt un saprast jebkurš, jo visi dati ir paskaidroti ar piezīmēm – tagiem ***pašā***

failā. Šādu failu var atvērt, piemēram, ar *Windows Notepad* programmu un izlasīt tagus (piezīmes) pie katra apvidus objekta.

- GML ir spējīga ieviest praksē telpisko datu koplietošanu, kas nozīmē iespēju jebkuram lietotājam analizēt ģeogrāfiskos datus un sastādīt tematiskās kartes no tiem neatkarīgi no datu glabātuves atrašanās vietas, izmantojot Internetu. Tas būtiski samazinātu izmaksas!
- GML formāta datus var ērti savietot ar citiem ne-grafiskajiem datiem, piemēram, Powerpoint prezentācijām, teksta failiem, video un attēliem.
- Uz GML bāzes var veidot koplietošanas lietojumprogrammas inženierkomunikāciju, mežsaimniecības, tūrisma un dispečerdienu vadības sistēmām. Šādās lietojumprogrammās ģeogrāfiskie dati un ĢIS metodes būs organiska sastāvdaļa, nevis atsevišķa ĢIS analītiķa darba vieta ar specifisku programmnodrošinājumu.
- GML nodrošina ērtu datu transformāciju, piemēram, koordinātu sistēmu pārrēķinus.
- GML piedāvā daudzus iebūvētus ĢIS izstrādes rīkus, kuri pagātnē bija sarežģīti realizējami. Tas nozīmē, ka šo tehnoloģiju varētu akceptēt daudzi programmatūras izstrādātāji.
- GML nav patentēta tehnoloģija, par tās lietošanu nekas nav jāmaksā!
- GML iekļauj rīkus karšu un attēlu anotēšanai, ekrāna karšu vizualizācijas stilu veidošanai un telpiskajai analīzei.
- GML ir plaši pazīstamās un lietotās Internet valodas XML paveids, kas piemērots ĢIS vajadzībām.
- GML modelis ir vienkāršs, bet – ar bagātīgu saturu un ērtām iespējām modelēt praktiski jebkuru apvidus objektu vai parādību.

Ierobežojumi un riski GML tehnoloģijas attīstībai ir daudzu organizāciju un firmu nevēlēšanās atteikties no vecajiem datu formātiem, piemēram, ESRI *shape* vai *AutoCad DWG*. Otrkārt, profesionālās programmatūras ražotājas kompānijas ir ieguldījušas milzīgus līdzekļus katra sava formāta radīšanā un reklāmā, tāpēc nevar sagaidīt ātru un pilnīgu pāreju uz GML. Tomēr var paredzēt, ka GML sāks savu „uzvaras gājieni” pamazām, sākot no nacionālajām kartēšanas aģentūrām, kuru klienti katras valsts teritorijā jebkurā gadījumā lieto dažādus datu formātus (*DWG*, *ESRI shape*, *DGN* u.c.). Tieši nacionālajā mērogā ir skaidri saskatāmas GML formāta priekšrocības, jo šis formāts ir „neitrāls” attiecībā pret pārējiem lietotajiem failu formātiem.

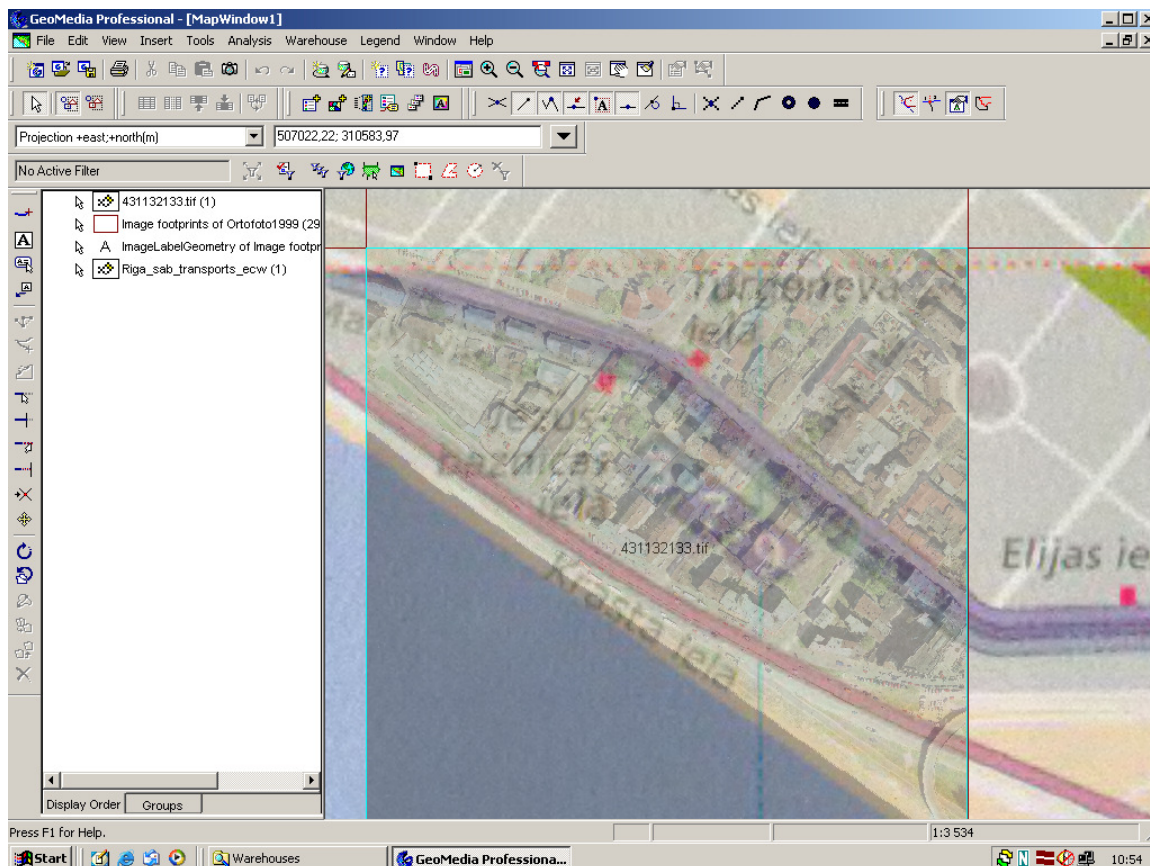
Ekrāna karšu vizualizācijas stilu realizācijai GML piedāvā citu starptautisku standartu, kas jau noteiktu laiku tiek izmantots Internetā. Tas ir divu dimensiju Internet vektoru grafikas standarts – *Scalable Vector Graphics* (SVG). SVG nodrošina veidu, kā GML valodā aprakstīt apvidus objektus, parādības vai notikumus vizualizēt (parādīt uz ekrāna) ar noteiktu simboliku. SVG simbolika glabā:

- grafikas elementa robežas un aizpildījuma krāsas;
- caurspīdīguma pakāpi grafikas elementam (no „1” pilnīgi necaurspīdīgam daudzstūrī līdz „0” pilnīgi caurspīdīgam un neredzamam) Sk.attēlu Nr. 31;
- simbola (šablona) nosaukumu un tā sastāvu (primitīvus, kas veido simbolu);
- līniju stilus;
- līniju resnumus ekrāna vienībās;
- dažādas animācijas darbības un to secību grafikas elementiem un simboliem.

Ar SVG var aprakstīt, piemēram, kā „uzvedas” simbols, kad lietotājs nostāda peles kursoru virs tā. Šādā situācijā simbols var mirgot, tas var pārkrāsoties citā krāsā,

vai arī – parādīt speciālā ekrāna formā atribūtu sarakstu un to vērtības. Vismaz Windows operāciju sistēmā SVG labi nodrošina latviešu valodas simbolu lietošanu.

SVG ierobežojumi un riski. Pašreiz SVG standarts nav „iebūvēts” populārākajās operāciju sistēmās un pārlūkprogrammās, piemēram, *Internet Explorer 6*. Nākotnē ir paredzama šāda SVG iekļaušana pārlūkprogrammu sastāvā, bet ir iespējamās arī dažādas ar to saistītas SVG modifikācijas. SVG var tikt realizēts atšķirīgi uz dažādām operāciju sistēmām, kā tas jau ir noticis ar *JAVA* valodu.



31. Attēls. Divi savstarpēji caurspīdīgi (vienlaikus redzami) rastra attēli.

5.11. Telpisko metadatu vispārpieejams piemērs – OGC WMS Viewer

Lielākā ĢIS lietotāju daļa ir personas, kuras ģeogrāfiskos datus tikai apskata (sk. 3 attēlu). Tomēr arī šiem lietotājiem ir nepieciešamība atlasīt un aplūkot noteiktus datu slāņus vajadzīgajā ģeogrāfiskajā vietā, pietuvināt un attālināt attēlkarti un izpildīt citas, elementāras darbības. Vislabāk piemērotas datu apskates funkcijām ir Interneta pārlūkprogrammas – *Internet Explorer*, *Firefox*, *Opera*, vai kāda cita pēc lietotāja izvēles. Datu publicēšanu Internetā (realizē ģeogrāfisko datu pieejamību pārlūkprogrammai) nodrošina ĢIS publicēšanas serveri, piemēram, *ESRI ArcIms* vai *Intergraph GeoMedia WebMap*. Internetā eksistē neskaitāmas ĢIS publicēšanas serveru lappuses, kas bāzētas uz visdažādākajām tehnoloģijām, ieskaitot arī atvērtā programmatūras koda risinājumus (par šādu programmatūru nav jāmaksā licencēšanas maksa, bet neviena persona vai organizācija arī neuzņemas atbildību par programmatūras kvalitāti). Kopēja iezīme daudzām ĢIS lappusēm – no tām var iegūt

tikai vienas ģeogrāfiskas vietas datus, kas sagatavoti publicēšanai stingri noteiktā datu formātā. Pretstatā augstākminētajām lappusēm, kas paredzētas konkrētiem ĢIS projektiem, organizācija OGC ir izstrādājusi un padarījusi pieejamu visiem Internet lietotājiem universālu pārlūkprogrammu (*OGC WMS Viewer*). Tā ir paredzēta visa veida un mēroga karšu savietošanai neatkarīgi no kartes mēroga, kartes projekcijas, kartes veida (topogrāfiskās, tematiskās ortofoto vai citas), kartes datu modeļa (rastra vai vektoru), **un, kas ir īpaši būtiski**, arī neatkarīgi no oriģinālā datu formāta (ESRI, AutoDesk, Intergraph, MapInfo, Bentley vai kāds cits). Pārskatot kartes ar *OGC WMS Viewer* pietiek ar vienkāršu internet pārlūkprogrammu, piemēram, *Internet Explorer* bez spraudņa programmām (angliski *plug_ins*). Kartes tiek savietotas attēlkartes plaknē (ekrāna logā), tas tiek panākts matemātiski pārrēķinot dažādu slāņu koordinātu sistēmas uz vienotu sistēmu parādīšanas momentā.

Vadības rīki universālajai pārlūkprogrammai ir ļoti vienkārši, saprotami un ātri iegaumējami arī personām, kuru pamatdarbs nav saistīts ar kartēm (sk. attēlu Nr. 32)



32. attēls. *OGC WMS Viewer* ĢIS pārlūkprogrammas rīku josla.

Informācijas tehnoloģiju terminoloģijā šo pārlūkprogrammu veidu sauc arī par „plāno” (*thin*) klientu, jo pārlūkprogrammas kods netiek glabāts uz klienta datora, nav nekādas nepieciešamības instalēt šādu programmatūru. Neliela apjoma programmas kods ik reizi pilnībā ielādējas no ĢIS servera (tipiski ielādes procedūra aizņem vienu vai dažas minūtes pēc Internet lappuses izsaukšanas).

Zemāk aprakstītā pārlūkprogramma *OGC WMS Viewer* ir tikai viens no demonstrācijas piemēriem, kādi atrodami Internet, un ir brīvi (bez pierēģistrēšanās, bez samaksas) izmantojami.

OGC metadatu standartu realizācijas ir izpildītas arī komerciālajā programmatūrā. Iespējams, ka citā programmā lietotāja dialogi un darbību secība būs atšķirīga, tomēr saglabāsies nemainīgi datu pieprasījuma pamata principi, kas balstīti uz OGC rekomendācijām.

5.12. Ģeogrāfisko datu meklēšana caur katalogu serveri

Vispārējā gadījumā lietotājs, kurš nolēmis atrast konkrētus ģeogrāfiskos datus, piemēram, par Latvijas teritoriju, nezina, cik un kādi slāņi būs pieejami, kā arī – viņam nav zināms, uz kādiem serveriem tos meklēt. Šādā situācijā palīdzēs meklēt katalogu serveri. Lai nodrošinātu lietotājiem ērtības, kuras piedāvā OGC rekomendācijas, vismaz vienam katalogu serverim būtu jāapkalpo Latvijas teritorija.

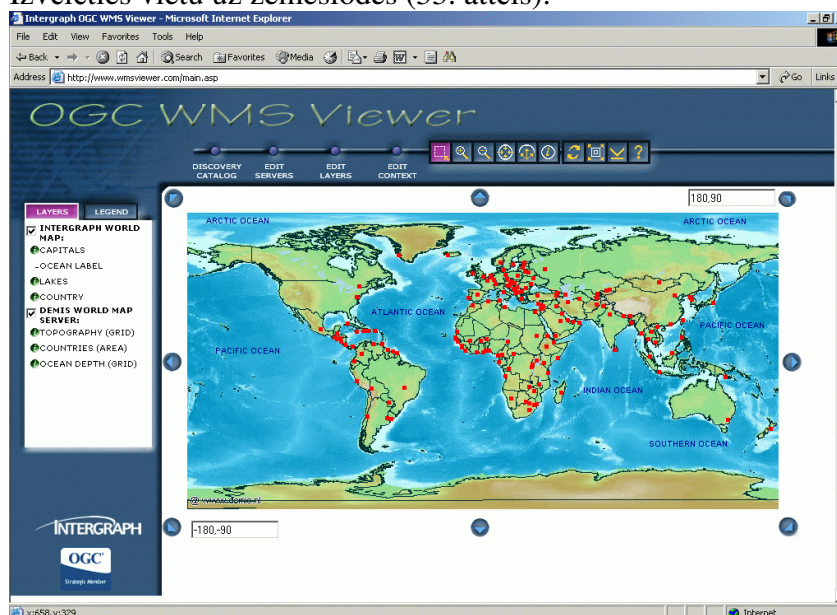
Apskatīsim piemēru, kurā izmantosim *OGC WMS Viewer*.

Vispārinot jebkuru ģeogrāfisko datu meklēšanu caur OGC rekomendēto katalogu serveri, var izdalīt četrus soļus:

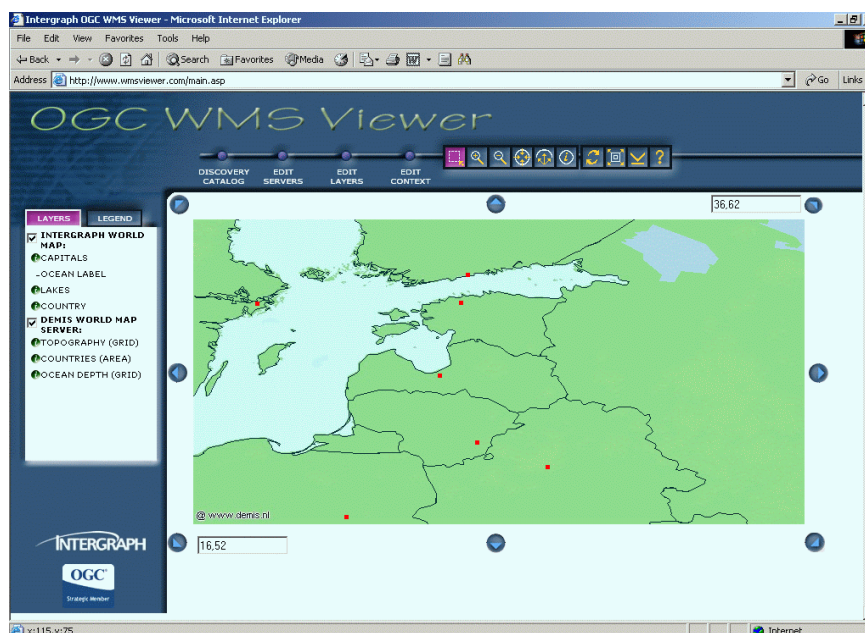
- Sameklēt katalogu serveri, noskaidrot datu saturu un pieejamību citos serveros;
- Pieslēgties izvēlētajam (-iem) datu izplatīšanas serverim (-iem);
- Rediģēt meklējamo (nepieciešamo) slāņu sarakstu un to grafisko attēlojumu; pārlūkprogrammā (dati tiek attēloti nekavējoties, pēc katras izmaiņas sarakstā);
- Rediģēt meklēšanas **kontekstu** – saglabāt darba konfigurācijas failus uz lokālā datora.

Strādājot praktiski ar *OGC WMS Viewer* pārlūkprogrammu, ir jāizpilda sekojoši soļi:

Izvēlēties vietu uz zemeslodes (33. attēls):



33. attēls. Sākotnējais skats – redzama visas Zemeslodes pārskata karte.



34. attēls. Meklēšanas parametri sašaurināti līdz visu Latviju ietverošai teritorijai.

- 1) Meklēt metadatus kādā no metadatu serveriem, piemēra tas ir *Compusult* serveris. (Šīs grāmatas rakstīšanas laikā Latvijas telpiskie dati vēl nav apkopoti metadatu serveros).

Uz *Compusult* servera nav ģeogrāfisko datu, bet glabājas norādes, kur un kādus telpiskos datus var atrast (serveru adresu saraksti ar komentāriem). Metadatu meklēšanas soli var izlaist, ja ir jau zināms, no kurienes var iegūt vajadzīgās kvalitātes datus.

35. attēls. Meklēšana *Compusult* serverī pēc Latviju ietverošām koordinātēm.

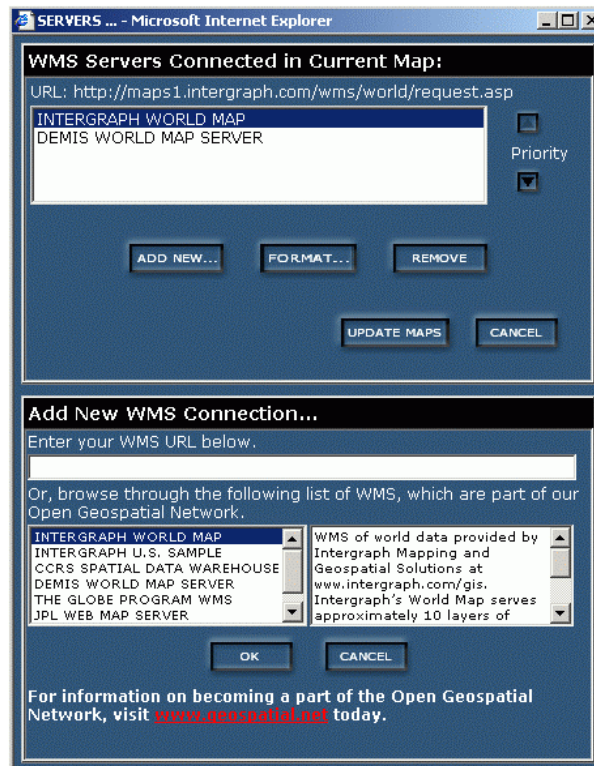
36. attēls. Tēmas (slāņu kopas) izvēle *Compusult* serverī.

- 2) Kad noskaidrots serveris (un nereti arī uzzināti nosacījumi datu iegūšanai), tad WFS/WMS serveris ir jāpievieno pārlūkprogrammas serveru sarakstam (jāizveido pieslēgums attālinātam datu avotam). WFS/WMS standartā ir pieņemts nosūtīt speciālu izsaukuma rindiņu, kas parasti beidzas ar “*getcapabilities*” komandu. Šāda rindiņa atgriež XML tekstu (dokumentu),

kur ir aprakstītas servera iespējas OGC kontekstā. Telpiskā pārlūkprogramma no atgrieztajiem datiem formē slāņu sarakstu.

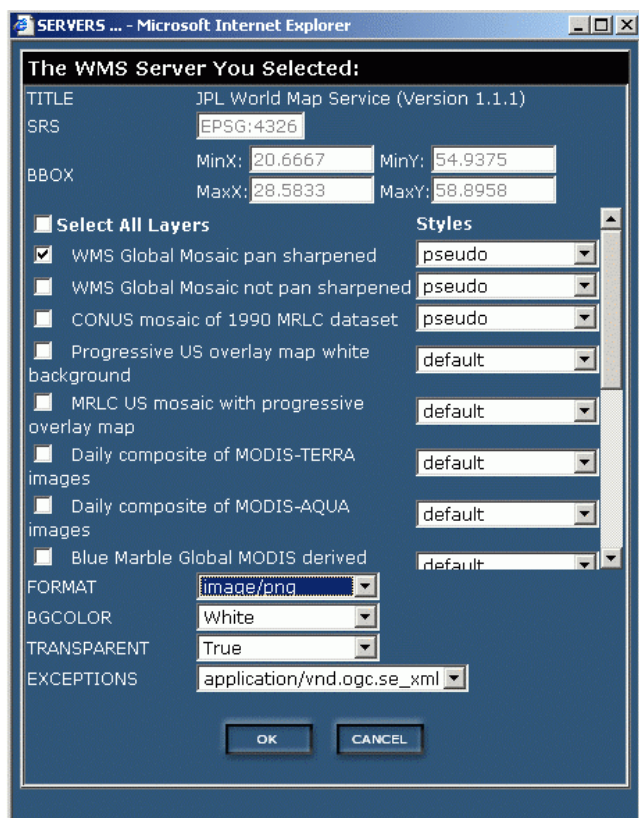
Izsaukuma piemēra rindiņa, kas atgriež XML metadatus no *Cubeserv* servera:
<http://demo.cubewerx.com/demo/cubeserv/cubeserv.cgi?CONFIG=main&SERVICE=WMS&?VERSION=1.1.1&REQUEST=GetCapabilities>

Meklēšanai var izmantot atslēgvārdus, līdzīgi kā meklējot datus Internet, piemēram, norādot tēmu un atslēgvārdu, pēc kura meklēt.



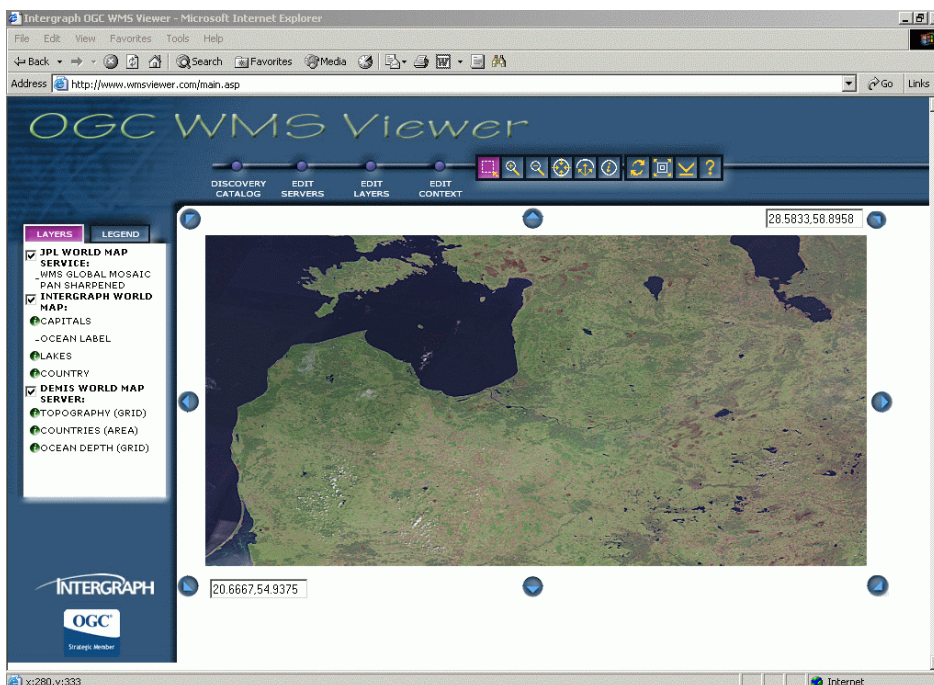
37. attēls. *OGC WMS Viewer* pieejamo ĢIS serveru saraksts.

- 3) Pēc servera izvēles parādās to slāņu saraksts, kuri tajā ir pieejami:



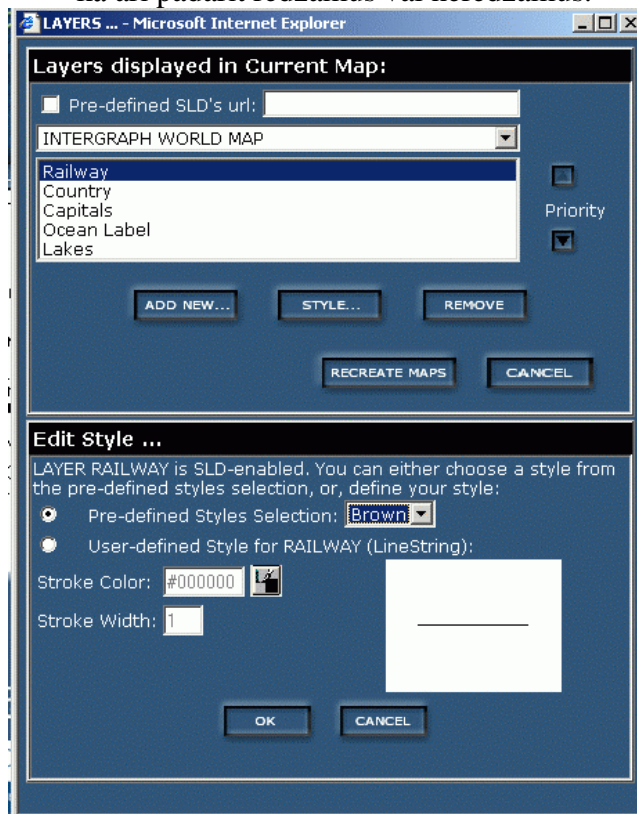
38. attēls. JPL World Map servera slāņu saraksts.

Praktiski pēc servera pievienošanas parādās atzīmēto slāņu attēls kartes logā, bet, iespējams, ka būs nepieciešams papildu darbs ar slāņiem, lai dati kļūtu ērti pārskatāmi.

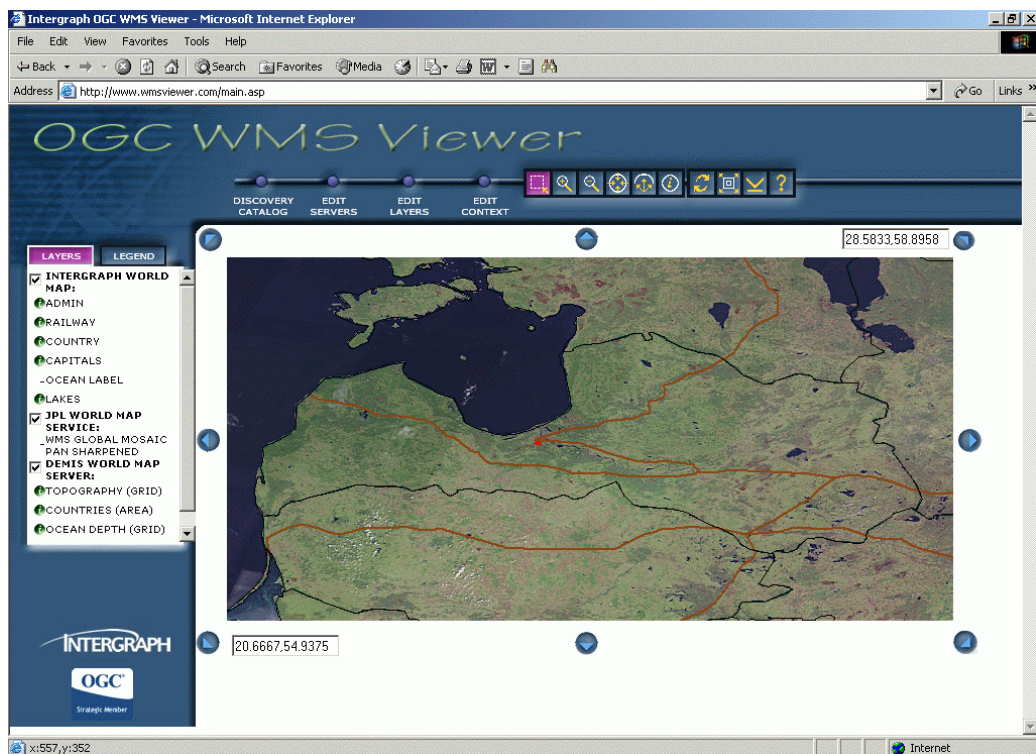


39. attēls. Kosmiskais rastra attēls Latvijas teritorijai, pievienots no JPL World Map servera.

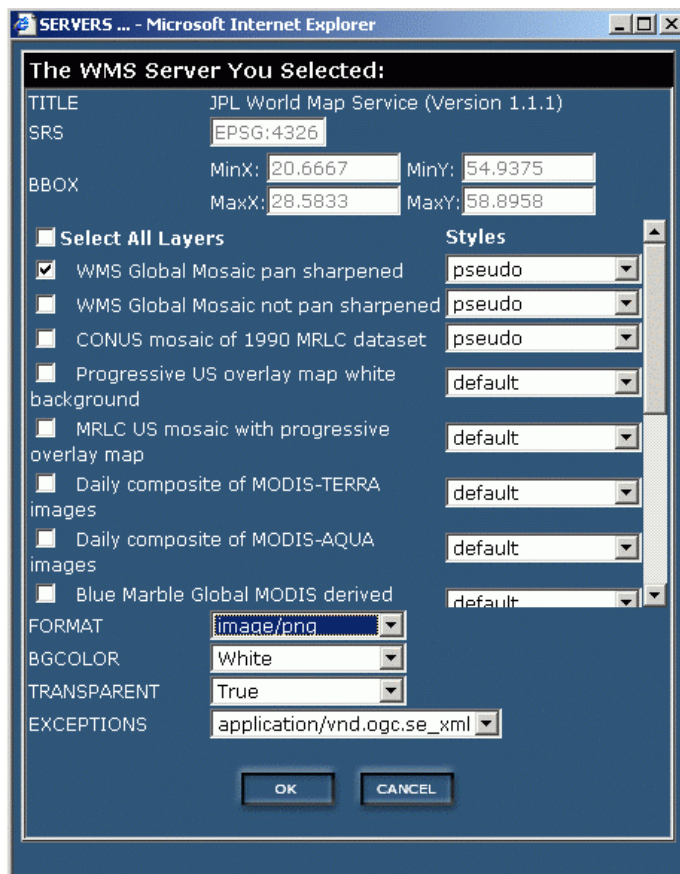
- 4) Darbs ar slāņiem. Atsevišķiem slāņiem lietotājam piedāvā iespēju izmainīt simboliku, bet visus slāņus lietotājs var sakārtot patvaļīgā secībā uz ekrāna, kā arī padarīt redzamus vai neredzamus.



40. attēls. OGC WMS Viewer vektoru grafikas slānis ar maināmu simboliku.

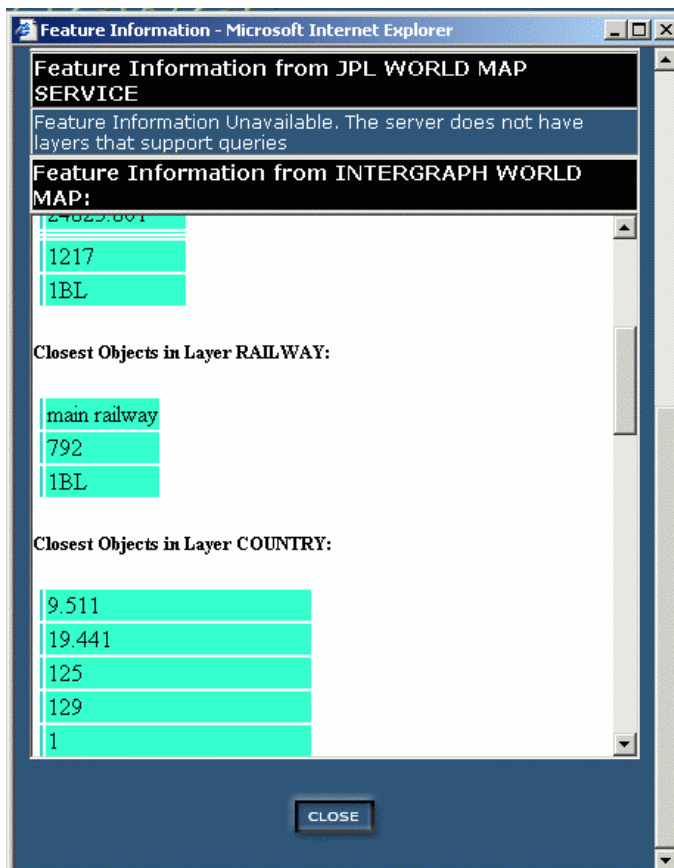


41. attēls. OGC WMS Viewer kombinēti rastra un vektoru grafikas slāņi attēlkartē.



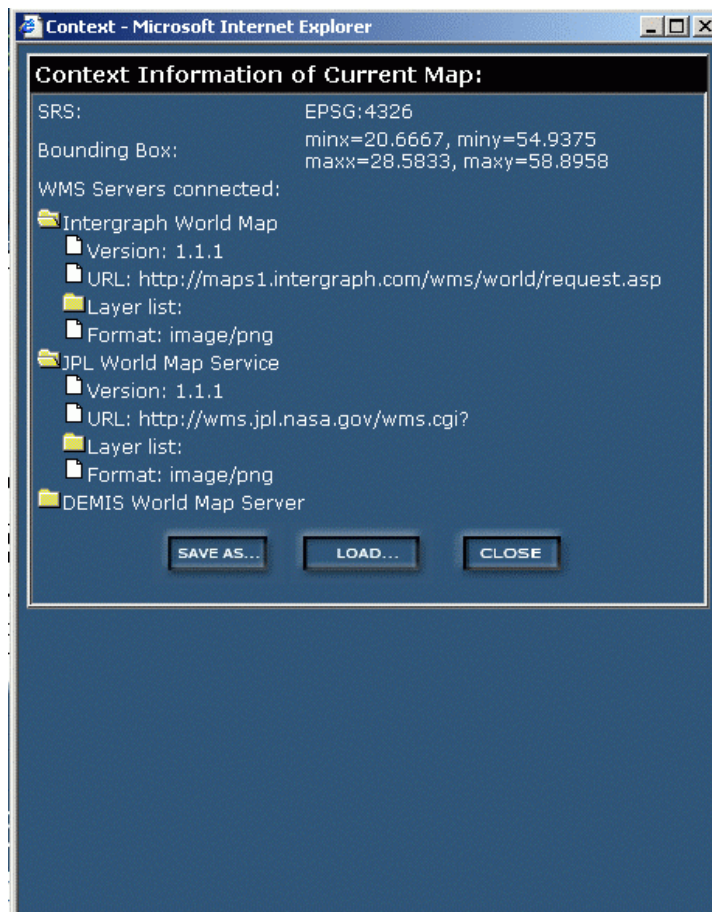
42. OGC WMS Viewer rastra grafikas slāņa attēlošanas parametri.

- 5) Dažiem slāņiem piemīt īpašība – no tiem var iegūt atribūtu datus ar “info” rīku. Ja lietotājs noklikšķina kādā ģeogrāfiskā vietā uz attēlkartes, tad šī punkta apkārtnē tiek savākti un apkopoti visi pieejamie atribūtu dati. Dati atspoguļosies vienā ekrāna formā. Tipiski ĢIS programmās katram slānim atveras sava atribūtu forma, bet *OGC WMS Viewer* gadījumā ir izveidota viena, universāla forma visiem slāņiem un visiem slāņu atribūtiem.

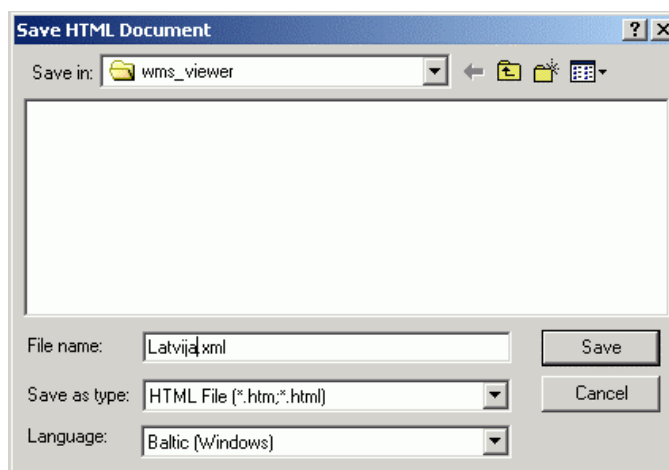


43. attēls. Vienotā ekrāna forma visiem punkta apkārtnes atribūtu datiem.

- 6) Darba apvidu, pieslēgtos serverus un slāņus, kā arī iestādīto individuālo slāņu sarakstu saglabā kā konteksta (konfigurācijas) XML failu. Šo failu varēs atkārtoti lietot autors vai cits lietotājs. XML konteksta failā tiek saglabāts tikai kartes apraksts – no kurienes un kādi dati jāpaņem, lai iegūtu lietotāja karti. Faktiski konteksta fails ir tematiskās kartes sagatave jeb noformēts telpiskais vaicājums.
- 7) Ikreiz, kad OGC pārlūkprogrammā tiks atkārtoti izsaukta saglabātā konteksta (konfigurācijas) XML datne (44. un 45. attēli), visi dati tiks pieprasīti no WFS/WMS serveriem. Tādējādi tiek nodrošināts nepārtrauktas datu atjaunošanas princips klients-serveris vidē. Lietotājs saņems tikai “svaigus” datus, kas būs pieejami publiskajos serveros.



44. attēls. Konteksta faila īsa satura apraksts.



45. attēls. Konteksta XML faila saglabāšanas dialogs.

Nodaļas noslēgumā jāpiezīmē, ka grāmatas sarakstīšanas laikā internetā ir pieejamas virkne ar tādām digitālo karšu lappusēm, kas palīdzēs apgūt pamata iemaņas ĢIS tehnoloģiju lietotājam. Vienlaicīgi jāatzīst, ka jebkura interneta lappuse nākotnē var tikt slēgta (vai nebūt publiski pieejama), vai pārcelta uz citu adresi, vai izmainīta lappuses funkcionalitāte, vai arī – perspektīvā tā varētu publicēt neaktuālu informāciju. Tāpēc norādītās interneta adreses ir lietotas vienīgi ar mērķi orientēt lasītāju.

Visu zemeslodi aptverošs karšu piedāvājums <http://maps.google.com>
 Spānija, Barselonas tūrisma karte <http://www.bcn.es/guia/welcomea.htm>

Šveices karte <http://map.search.ch/index.en.html>
Somija, Vantas pilsētas karte <http://kartta.vantaa.fi/eng/>
Somija, Helsinku pilsētas karte <http://kartta.hel.fi/opas/en/>
Dienvidāfrikas tūrisma kartes <http://www.easymap.co.za/>

Autora kritēriji, pēc kuriem izvēlētas dažas ciparu kartes vispasaules tīmeklī:

- Liels lietderīgo datu apjoms un augsta detalizācijas pakāpe;
- Lietotāja autorizācija (lietotāja vārda un paroles lietošana) nav obligāta;
- Dati ir sakārtoti pa slāņiem;
- Ērta navigācija – pārvietošanās pa lappusi;
- Lappuse satur vienu vai vairākas unikālas lietotāja saskarnes īpatnības, kuras nodrošina papildu iespējas nepieciešamo datu atlasē;
- Lappuses apskatei nav nepieciešami interneta pārlūkprogrammas spraudņi (angliski *plug-ins*) [17]
- Vairumam augstākminēto lappušu ir realizēta pārskata kartes funkcija – lietotājs skaidri redz savu “atrašanās” vietu uz kartes.

Dažas Latvijas interneta karšu vietas:

<http://www.uzkartes.lv>
<http://www.rigis.lv>
<http://www.viss.lv/latvija.php?ek=1&lang=lat>
<http://www.vietas.lv>

Balstoties uz faktu, ka grāmatas sarakstīšanas laikā Latvijas interneta karšu piedāvātais datu apjoms ir ierobežots, stingri atlases kritēriji nav piemēroti.

6. ĢIS ANALĪTISKĀS METODES

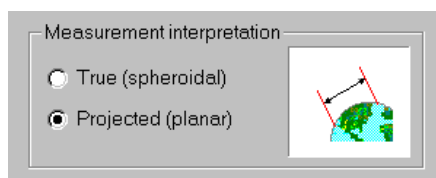
6.1. Telpiskā analīze vektoru grafikai

Vektoru savstarpējais izvietojums (topoloģiskās attiecības) un to fiziskie parametri – garums, perimetrs un laukums ir pētāmi ar ĢIS vektoru grafikas rīkiem, piemēram, *Intergraph GeoMedia*, *ESRI ArcGIS*, vai *Mapinfo Professional* programmatūru. Iegūtie izpētes dati var tikt izmantoti apstrādei gan ar matemātisko statistiku, gan arī izmantoti tieši, piemēram, lai automatizēti atkrāsotu pierobežniekus, parādītu tematiskajā kartē ar citiem apzīmējumiem bīstamākā piesārņojuma zonas u.t.t. Tipiski telpiskie vektoru analīzes rīki tiek izmantoti kontekstā ar atribūtu vaicājumiem jau iepriekš sagatavotā ĢIS datu kopā, kurā operatori ir ievadījuši visus nepieciešamos izejas datus. Nepieciešams, lai telpisko un atribūtu datu kvalitāte būtu iepriekš pārbaudīta, pretējā gadījumā iegūtie rezultāti var radīt neprognozējamās sekas, ja tiks izmantoti lēmumu pieņemšanā.

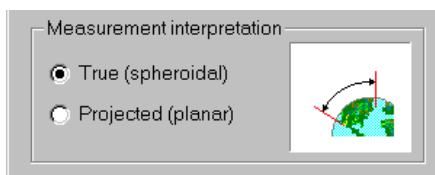
ĢIS analītiskajā posmā parādās atbildības faktors par datu atbilstību vai neatbilstību pētāmajai problēmai. Mērnieks ir atbildīgs par mērījumu precizitāti un apvidus objektu identificēšanu dabā, kartes redaktors – par pieņemtās kartes (vai plāna) kompilējumu no mērniecības datiem. Ja ĢIS datu bāzē ir arī citu avotu dati, piemēram, operatīvie ceļa seguma apsekojuma dati vai ūdens piesārņojuma monitoringa dati, tad par šo atribūtu datu savākšanu un piesaisti kartēm ir atbildīgas citas personas. Gala rezultātā, pirms pielietot ĢIS analītiskās metodes, projekta vadītāja uzdevums ir novērtēt visu datu uzticamību kopumā, un, datu bāzes atsevišķos komponentus individuāli, pēc iepriekš sastādīta un apstiprināta kvalitātes pārvaldības plāna.

6.2. Ģeometrijas analīze

ĢIS programmas piedāvā virkni interaktīvu rīku, ar kuru palīdzību var, piemēram, izmērīt attālumu starp diviem punktiem uz ekrāna kartes. Šādi rīki nodrošina kā attāluma aprēķinu izvēlētajā kartes projekcijā, tā arī, ja nepieciešams, mērījuma parādīšanu darba vienībās (kilometros, metros) uz elipsoīda virsmas (46. un 47. attēli). Līdzīgi interaktīvie rīki pieejami platības aprēķiniem ar vai bez kartes projekcijas sagrozījuma ievērtēšanu.

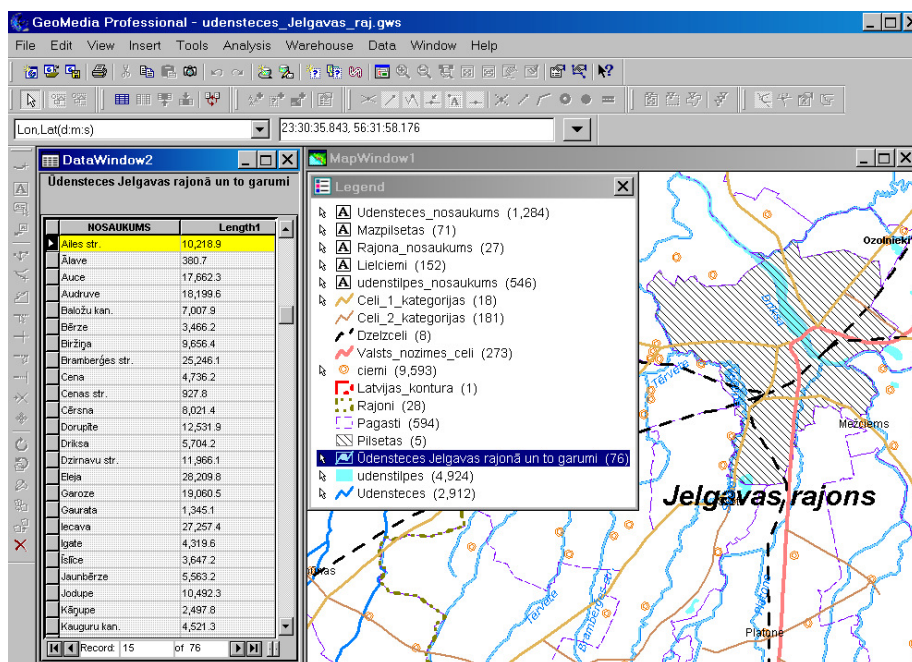


46. attēls. Geomedia mērījums tiks interpretēts kā projicēts kartes plaknē.



47. attēls. Geomedia mērījums tiks interpretēts kā izdarīts uz elipsoīda virsmas.

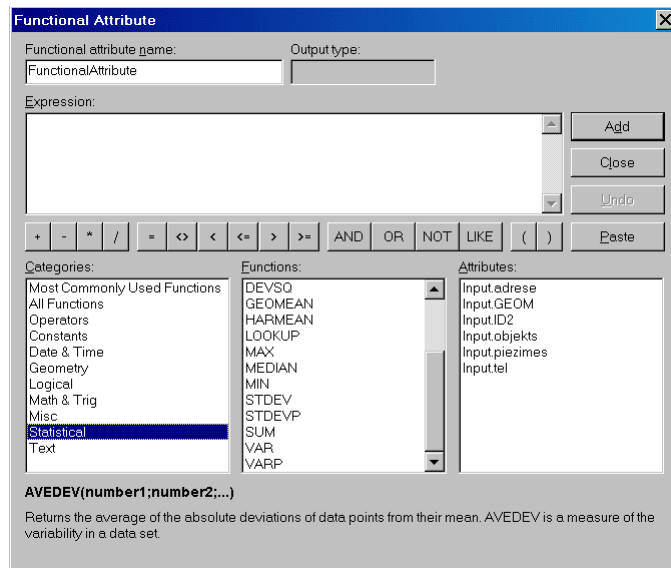
Tomēr ar interaktīviem rīkiem, kas ik reizi ir atkārtoti jālieto manuālai ekrāna mērīšanai, nereti ir pārāk maz ĢIS analītisko darbību izpildei. Piemēram, lai atbildētu uz telpisko vaicājumu par to, kāds ir visu ūdensteču kopgarums Jelgavas rajonā, ir vajadzīgs ērts analītiskais rīks, kas atrod visus grafikas elementus – upes Jelgavas rajonā un aprēķina katram posmam tā garumu (48. attēls).



48. attēls. Ūdensteču Jelgavas rajonā un to aprēķinātie posmu kopgarumi Geomedia.

6.3. Aprēķināmie ĢIS atribūti

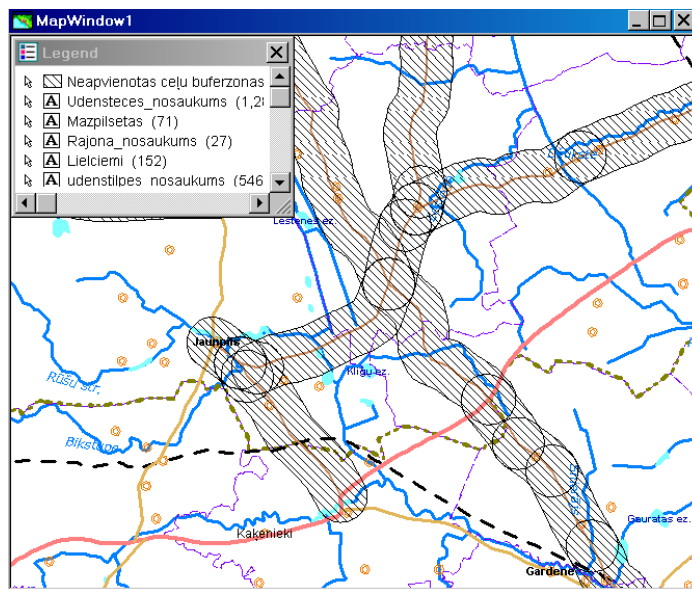
Aprēķināmie ĢIS atribūti ir jaudīgs rīks analīzei, kad nepieciešams aprēķinu rezultātā iegūt jaunas tabulas kolonnas, par pamatu izmantojot esošos ģeometriskos un aprakstošos datus no viena vai vairākiem slāņiem. *Geomedia* var lietot vairākus simtus ģeometriskos, loģiskos, teksta un matemātiskos funkciju (49. attēls). Darbības ar šo rīku ir līdzīgas izklājlapas *Excel* formulu lietošanai, tikai *Geomedia* funkcijām pieejamas arī darbības ar telpiskajiem datiem.



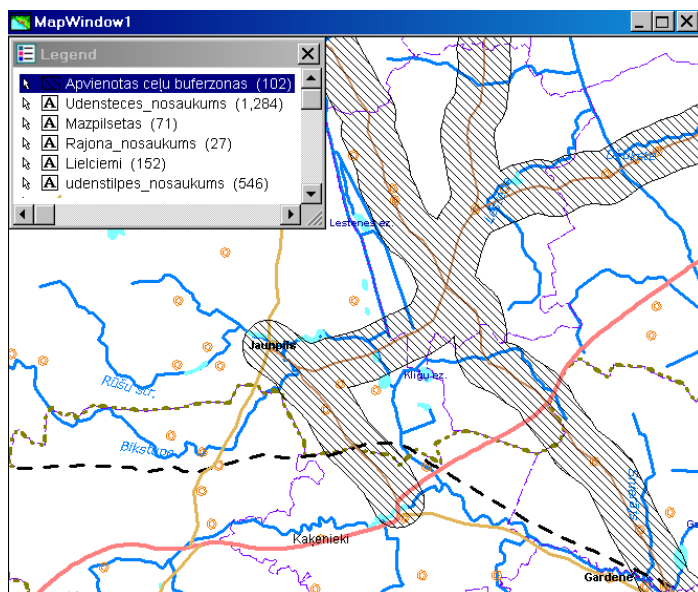
49. attēls. Aprēķināmo ĢIS atribūtu forma Geomedia vidē.

6.4. Buferzonu vaicājumi

Buferzonu vaicājumi ir telpiskie vaicājumi, kuri veido jaunu ģeometriju ap slāņa elementiem un sasaista jaunizveidotās figūras ar apvidus objektu ierakstiem tabulā. Jaunizveidotās figūras vienmēr būs daudzstūri. Iespējami vairāki buferzonu funkcijas darbības režīmi, piemēram, vai jaunos daudzstūrus parāda kā apvienotas buferzonas (tur, kur tās pārsedzas), vai arī kā individuālus, neapvienotus daudzstūrus (50. attēls).



50. attēls. Neapvienotas ceļu buferzonas Geomedia attēlkartē.



51. attēls. Savstarpēji apvienotas ceļu buferzonas.

Jaunās figūras (Sk. 51. attēlu) var tikt tālāk izmantotas, piemēram, lai atpazītu kādas upes vai ceļa aizsargzonu, noteiktu teritoriju ap skolu vai pašvaldības iestādi, uz kuru attiecināmi īpaši aizsardzības noteikumi.

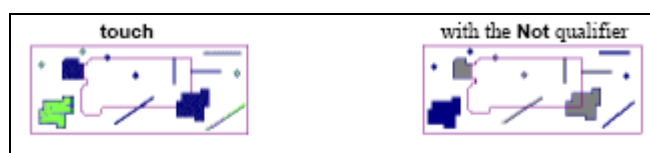
6.5. Sakrišanas analīze

Sakrišanas analīze balstās uz grafikas slāņu pārklājumu noteikšanu. Slāņiem ir iepriekš jābūt topoloģiski sakārtotiem. Kā izejas dati ir nepieciešami divi slāņi – pirmais slānis, ar kuru tiek „jautāts”, un otrais slānis – tas, kura elementus programma atgriež kā atbildi. Šie atgrieztie elementi veidos jaunu slāni jeb **datu skatu**, kurš tomēr ir cieši saistīts ar oriģinālo datu slāni, jo katram jauniegūtajam grafikas elementam (parasti atbildes elementus attēlo ar citu simboliku) ir cieša sakarība ar vienu „vecāku” elementu, un šai saiknei varēs sekot arī tālākajā analīzes gaitā.

Katrai telpiskā operatora kombinācijai *Geomedia* ir arī izslēdzošā variācija jeb noliegums. Ja loģiskais slēdzis „Not” ir ieslēgts, tad vaicājuma rezultāts mainīsies uz pretējo.

Zemāk attēloti daži *GeoMedia* telpiskie operatori (labajā kolonnā) un to izslēdzošā variācija (noliegums) kolonnā pa labi.

Pieskaras – atgriež otrā slāņa elementus, ja tas pieskaras pirmajam slānim jebkurā veidā – saskaroties vismaz vienā punktā, pārsedzoties, saturot sevī vai tiekot saturētām (52. attēls).



52. attēls. Telpiskais operators „Pieskaras” Geomedia vidē.

Satur – atgriež otrā slāņa elementus, kuri ietver jebkuru pirmā slāņa elementu. Otrā slāņa elements drīkst tikai saskarties vienā vai vairākos punktos „uz robežas” ar pirmā slāņa elementu, bet tas nedrīkst šķērsot robežu un klāties pāri kādam pirmā slāņa elementam(53. attēls). Punkti nevar „saturēt” citu slāņu elementus.



53. attēls. Telpiskais operators „Satur” Geomedia vidē.

Satur pēc... atgriež otrā slāņa elementus, kuri pilnībā ģeometriski atrodas pirmā slāņa elementu iekšpusē. Otrā slāņa elements drīkst tikai saskarties vienā vai vairākos punktos „uz robežas” ar pirmā slāņa elementu, bet tas nedrīkst šķērsot robežu un klāties pāri kādam pirmā slāņa elementam.

Pārklājas – atgriež otrā slāņa elementus, kuri pārklājas (krustojas) ar pirmā slāņa elementiem(54. attēls).



54. attēls. Telpiskais operators „Pārklājas” Geomedia vidē.

Satiekas – atgriež otrā slāņa elementus, kuri atrodas uz robežas ar pirmā slāņa elementiem (55. attēls).



55. attēls. Telpiskais operators „Satiekas” Geomedia vidē.

Ir telpiski vienādas ģeometrijas – atgriež otrā slāņa elementus, kuri ģeometriski vienādi lieli un atrodas vienādās koordinātēs ar pirmā slāņa elementiem (56. attēls).



56. attēls. Telpiskais operators „Ģeometrijas ir telpiski vienādas” Geomedia vidē.

Atrodas attālumā N atgriež otrā slāņa elementus, kuri vai kuru jebkura daļa atrodas attālumā, kas mazāks vai vienāds ar norādīto skaitli N no kāda pirmā slāņa elementa (57. attēls).



57. attēls. Telpiskais operators „Atrodas attālumā N” Geomedia vidē.

6.6. Apkārtnes analīze

Eksistē ļoti daudzi ĢIS analīzes pielietojuma scenāriji, kuros izmanto komplikētākus, daudzfaktoru analīzes veidus. Viens no šādiem ĢIS pielietojumiem ir īsākā ceļa atrašana starp punktiem A un B. Uzdevumam eksistē apakšversijas:

- ātrākā ceļa atrašana (ņemot vērā ceļa segumu, transporta ierobežojumus u.c.);
- ērtākā ceļa atrašana (ņemot vērā apsvērumus);
- īsākā ceļa atrašana starp vairāk nekā diviem punktiem (maršrutizācija).

Tāpat iespējams aprēķināt un uzzīmēt visu to punktu kopu, līdz kurām, piemēram, ātrās palīdzības mašīna var aizbraukt 10 minūtēs pēc izbraukšanas no bāzes. Šādām grafu analīzēm ir plašs pielietojums transporta (loģistikas) uzdevumu risināšanā ar ĢIS. Loģistikas uzdevumu risināšanā nepieciešama sazarota datu bāzes struktūra, kurā aprakstīti visi iespējamie ceļu tīkla, transporta līdzekļu un humānie faktori (pieņēmumi), kas var ietekmēt pārvadājumus.

Cits apkārtnes analīzes piemērs ir zonēšana. Tipisks zonēšanas paņēmiena pielietojums ir skolas vai medicīnas iestādes apkalpojošās zonas projektēšana uz kartes. Lai mācību iestāde sekmīgi darbotos, nepieciešams, lai „tuvumā” dzīvotu pietiekams daudzums bērnu. Vēl ir svarīgi, lai bērni, kas dzīvo pietiekami „tuvu” skolai, varētu nokļūt līdz mācību iestādei drošā veidā, piemēram, nešķērsojot dzelzceļa pārbrauktuves. Tā kā arī citām skolām ir savi apkalpojamie rajoni, tad šādu zonu optimālas robežas novilkšana ir viens no ĢIS uzdevumiem.

Apkārtnes analīzi nereti ir jāveic izmantojot patiesi telpisku informāciju, piemēram, ņemot vērā zemes virsmas slīpumu, paaugstinājumus un ūdenskrātuvju sateces baseinus. Šāda veida apkārtnes analīze ir jāizpilda, piemēram, plānojot hidrotehnisko meliorāciju vai rehabilitējot pilsētas ūdensvada, kanalizācijas tīklus. Lietotās ĢIS apkārtnes analīzes metodes un rīki var nedaudz atšķirties dažādu nozaru ĢIS lietojumos, tomēr visas metodikas pamatā ir secīgi izpildīti telpiskie un atribūtu vaicājumi, kas „atsijā” tikai tos apvidus objektus vai to kombinācijas, kuri atbilst iepriekš uzstādītajiem kritērijiem. Ar ĢIS var arī vizualizēt tādus notikumus un parādības, piemēram, globālo sasilšanu vai ledāju kušanu, kuri nav ērti aptverami tabulu vai grafiku formā. Šādos gadījumos lieto „ceturto dimensiju” jeb laiku ĢIS tematiskajās kartēs. Proti, tematiskās kartes ir iespējams ģenerēt pēc noteikta laika perioda atribūtu datiem. Tā kā jebkurā relāciju tabulā viens no laukiem var būt datums, tad atliek tikai atlasīt tās atribūtu vērtības, kas atbilst uzdotajam laika intervālam un – vizualizēt parādību. Analizējot apkārtni telpā un laikā var atrast daudzas neredzamas sakarības (angļu valodā – *pattern*). Pie šādām sakarībām var minēt Rīgas urbanizācijas procesu, kas notiek pakāpeniski apbūvējot plašas teritorijas Rīgas rajonā un pat tālāk. Neredzamās sakarības šajā gadījumā kļūtu redzamas tikai tad, ja statistiski apstrādātus demogrāfiskos, ekonomiskos un zemes lietošanas (zemes kadastra) datus attēlotu virknē tematisko karšu.

6.7. Analīze un nozares biznesa loģika

Analizējot datus ar ĢIS metodēm un rīkiem (programmatūru) nedrīkst aizmirst, ka katra nozare, vai tā ir telekomunikāciju, zemes pārvaldības vai mežsaimniecības sfēra, lieto savu biznesa loģiku. Biznesa loģika ir pielietota specifiskās programmās, kuras ir nozīmīgas nozarē, bet var būt praktiski nezināmas ārpus tās. Nereti šāda programmatūra nav apgādāta ar karšu jeb datorgrafikas saskarni, tomēr ļoti sekmīgi izpilda nozares prasības, ir labi pazīstama un plaši lietota apskatāmajā nozares uzņēmumā. Tāpēc ir nepieciešama ĢIS integrācija ar nozares biznesa loģiku, vai arī, kā alternatīva – atsevišķu biznesa loģikas moduļu iestrāde ĢIS programmatūrā. Eksistē virkne specializēto ĢIS programmu, kas piemērotas tikai, piemēram, elektroenerģijas pārvadē un sadalē patērētājiem. Visbeidzot, lielos uzņēmumos praktiski visu lieto vispārējus biznesa vadības rīkus, kas cieši integrēti ar grāmatvedības uzskaiti, piemēram, *SAP R/3* vai *Siebel, Oracle Financial*. Šādas „lielizmēra” dokumentu un projektu pārvaldības programmatūras sistēmas savā sastāvā ietver arī specializētas saskares ar uzņēmuma ĢIS. Tādā gadījumā ĢIS metodes un paņēmieni atrod savu vietu vienotā uzņēmuma vadības sistēmā.

Praktiski visi datoru lietotāji mūsdienās izmanto tā saucamo ofisa programmatūru – teksta redaktoru, izklājlapas, prezentācijas programmas. Arī šīs programmas, kā, piemēram, *Microsoft Word* vai *Excel*, ietver jebkura ofisa darbības biznesa loģiku:

- kā radīt un uzturēt teksta dokumentu;
- kā nosūtīt šo dokumentu citiem lietotājiem;
- kā izdrukāt dokumentu;
- kā izpildīt vienkāršus aprēķinus u.t.t.

6.8. Rastra ĢIS metodes

Atšķirībā no vektoru analīzes ĢIS metodēm, kuras ir ērtas nepārtrauktu lielumu un precīzi fiksētiem apvidus objektiem. Piemēram, apakšzemes inženieru komunikācijām – ūdensvadām, kanalizācija, gāzei, izmanto precīzus topogrāfiskos mērījumus mēroga 1:500 noteiktībā un atribūtu dati – caurules veids, materiāls, izbūves gads, pieļaujamais spiediens caurulē u.c. ir diskrēti lielumi. Tāpēc šādos gadījumos piemērotas ir vektoru grafikas metodes.

Rastra analīzes jeb režģa analīzes ĢIS metodes (turpmāk – rastra analīze) ir nepieciešamas gadījumos, kad pētāmā parādība nav aprakstāma tikai ar diskrētiem lielumiem vai kad parādības telpiskās robežas nav ģeodēziski precīzi identificējamās (tās ir „izplūdušas”), un, ir novērojama tendence parādības pakāpeniskai izpaušmei. Piemēram, tāda tendence ir difūzijas procesiem augsnē, klimata izmaiņām, kā arī daudzām sociālajām parādībām ciema, kvartāla vai pilsētas robežās, kur faktorus nedrīkst ierobežot administratīvā dalījuma ietvaros.

Rastra analīze kā rīks ĢIS lēmumu pieņemšanas atbalstam nereti tiek saukta arī par „kartes algebru” (angliski *map algebra*). Tās pamatlicējs ir ASV zinātnieks Dana Tomlin.

Analītiskajai kartes algebrai un rastra attēlu apstrādei (angliski *image processing*) lietotās metodes daļēji pārklājas, piemēram, nezināma rastra pikseļa vērtības interpolācija no „kaimiņu” vērtībām (sk. arī nodaļu „datu ievade”).

Rastra analīzes pamatā ir fakts, ka katrai rastra šūnai jeb pikselim ir vērtība, un, ka šāda vērtība var aprakstīt jebkuru parādību, kas tiek raksturota ar skaitliskām, diskrētām vērtībām (58. attēls).

12	4	5	5
3	22	22	23
3	22	22	23
12	12	12	22

A single cell with a value of 22

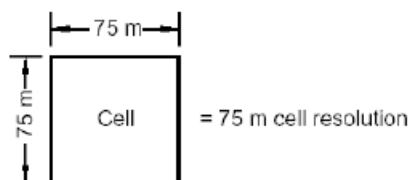
58. attēls. Rastra šūnas skaitliskā vērtība piemērā ir „22”.

Tā kā pikseļu skaits kartes attēlā var būt praktiski pēc patikas liels, tad arī nepārtrauktu parādību, piemēram, gaisa masu kustību virs Eiropas, var raksturot ar diskrētām pikseļu vērtībām jeb rastra karti. Katram rastra pikselim piemīt:

- 1) parādību aprakstošā vērtība – vesels skaitlis;
- 2) Rastra pikseļa „iekšējās koordinātas” jeb rindas un kolonnas numurs;
- 3) Rastra pikseļa koordinātas jeb piesaiste kādai no globālajām koordinātu sistēmām.

Uz ekrāna parādību aprakstošā, skaitliskā vērtība parādās kā **nosacītā krāsa** – tāda krāsa, kādu speciālists izvēlas tematiskās kartēšanas vajadzībām un kura ir ērti saskatāma kontekstā ar pārējo attēlu. Nosacīto krāsu darba gaitā var pēc patikas bieži nomainīt.

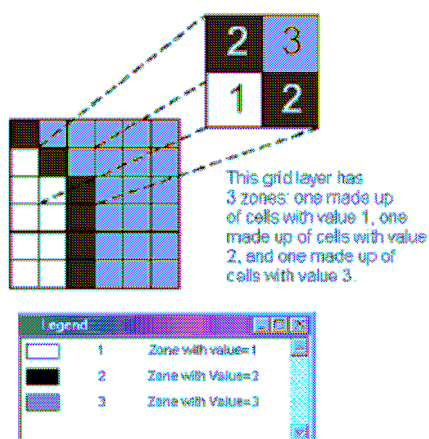
Lai izpildītu sekmīgu rastra analīzi, tad ir nepieciešami vairāki rastra slāņi, katrs no tiem apraksta kādu parādību vai vienas parādības citu aspektu. Visiem slāņiem jābūt piesaistītiem vienai globālajai koordinātu sistēmai, vai arī jālieto tādas koordinātu sistēmas, kuras ir savstarpēji pārrēķināmas ĢIS programmatūrā. Koordinātu sistēmai piesaistītiem (ģeoreferencētiem) rastra slāņiem vienmēr ir zināms arī viena pikseļa izmērs dabā, piemēram, 75x75 m (59. attēls).



59. attēls. Rastra pikseļa izmēri reālās pasaules mērvienībās (dabā).

Sekmīgai rastra analīzei ir nepieciešams, lai pikseļu izmēri dažādos rastra slāņos būtu vienādi.

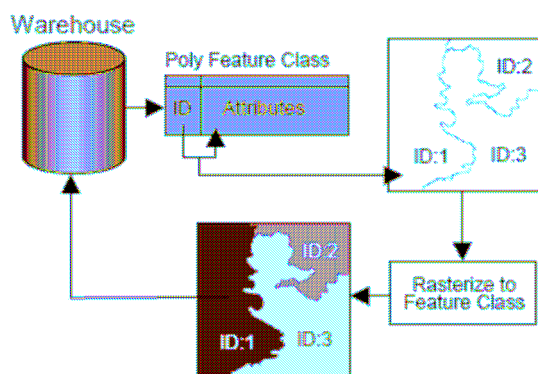
Režģa zona ir apgabals, kurā ir vienāda parādību aprakstošā skaitliskā vērtība (60. attēls). Režģa zonas var būt daudzas, zona var sastāvēt arī tikai no viena pikseļa.



60. attēls. Rastra režģa zonas apgabala piemērs.

Rastra analīzei nepieciešamo režģi (rastra slāni) visbiežāk iegūst rasterizējot vektoru grafikas slāņus. Ir iespējams izmantot arī citus rastra formāta izejas datus, piemēram, ortofoto karti, tālīzpētes attēlus vai digitālo virsmas modeli režģa formātā (*GRID*). Digitālā virsmas modeļa gadījumā pikseļa vērtība režģī būs augstums virs jūras līmeņa vai paaugstinājums.

Tomēr, vektoru grafikas slāņu rasterizēšana nodrošina iespēju uzreiz izmantot jau piesaistītos atribūtu datus. Viens no rastra grafikas trūkumiem ir sarežģītas datu struktūras atribūtu piesaiste rastram. Atribūtu datu savākšanas un pievienošanas fāzē vienotus atribūtus var ērti piesaistīt visam attēlam, bet ne individuāliem pikseļiem vai režģa zonām. Tāpēc izmanto vektoru grafiku un to rasterizē, pie kam iegūtajā rastra slānī saglabājas unikāls identifikators katrai režģa zonai no „vecāku” vektoru laukuma elementa (61. attēls).



61. attēls. Atribūtu vērtību pastarpināta piesaiste rastra pikseļiem caur režģa zonām.

6.9. Redzamības analīze

Cilvēks no kalna virsotnes redz noteiktu ainavas fragmentu, ko ierobežo reljefs, koki un būves. Virknē ĢIS lietojumu ir būtiski aprēķināt un parādīt uz kartes redzamību no kāda punkta apvidū (62. attēls). Ar “redzamību” ĢIS tiek saprasta daudz plašāka diapazona parādības, ne tikai cilvēka redze. Piemēram, mobilā telefona signāla izplatīšanās no torņa, skaņas vai mikroviļņu izplatība no dažādām iekārtām.

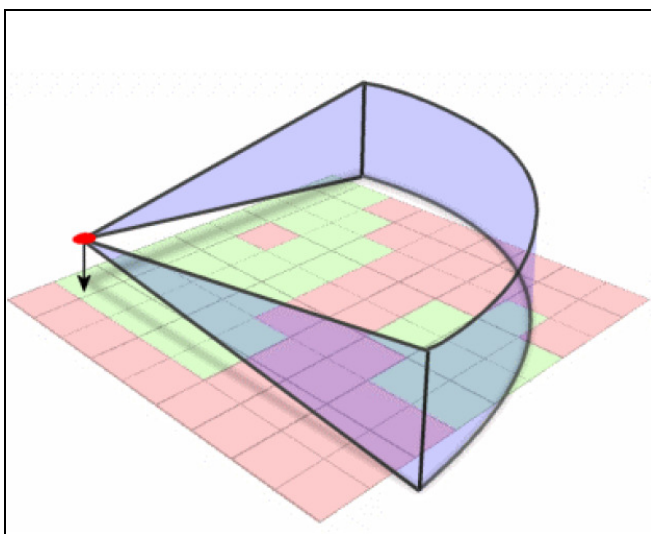
Iespēja noteikt, tieši kuru ģeogrāfisko teritoriju “var redzēt” no kāda punkta, palīdz atrisināt virkni problēmu:

- kā ieprojektēt jaunus ceļus vai ielas apbūvētās teritorijās tā, lai netiktu nodarīts kaitējums ainavai;
- kā izvietot radiatoraīdītājus, lai “noklātu” visu teritoriju ar radiosignālu, un – cik augsti ir nepieciešami masti katrā vietā šo raidītāju pacelšanai virs zemes;
- raksturot teritorijas, kas tiek novērotas ar videonovērošanas kamerām, vai, tieši pretēji – kuras nav redzamas no kamerām.

Vienkāršākie redzamības aprēķina algoritmi pieņem, ka gaismas stari kustas par taisnēm Eiklīda telpā (netiek ņemts vērā zemes izliekums un refrakcija). Šādi algoritmi ir noderīgi gadījumos, ja jāaprēķina redzamība līdz dažiem kilometriem attālām ainavām. Lielākiem attālumiem jāņem vērā zemes izliekums un refrakcija. Kā izejas parametri redzamības aprēķiniem ir jāizmanto rastra slāņi, kas definē:

- reljefu ar vajadzīgo detalizācijas pakāpi;
- redzamības šķēršļus (kokus, būves, veģētāciju), pie kam katram rastra reģionam nepieciešams zināt tā vidējo augstumu;
- novērotāja atrašanās punktu;
- novērotāja augstumu virs zemes virsmas.

Redzamības aprēķina rezultātā tiek iegūts jauns rastra slānis, kuram noteikti pikseļi ir marķēti kā “redzami no novērotāja skatpunkta”. Šiem pikseļiem jaunajā slānī ir piešķirta diskreta vērtība “1”, bet visiem pārējiem, kuru aizņemtā teritorija nav redzama no skatpunkta – vērtība “0”.



62. attēls. Redzamība no novērotāja skatpunkta.

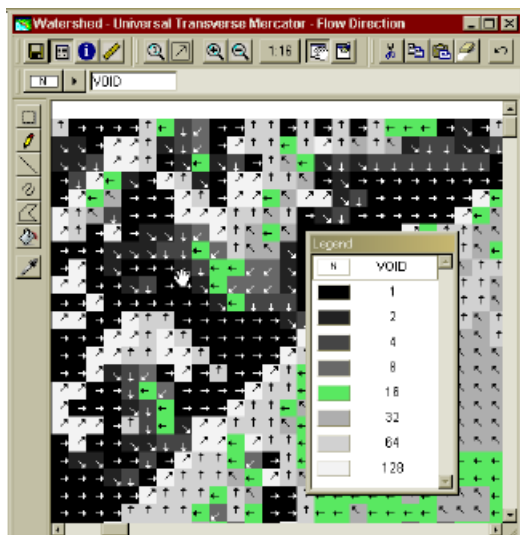
6.10. Hidroloģiskā modelēšana

Virkne analīzes uzdevumu pieprasa ņemt vērā reljefa, augšņu un augu sekas ietekmi virszemes noteces veidošanā. Piemēram, ar rastra ĢIS jeb kartes algebras metodēm var aprēķināt:

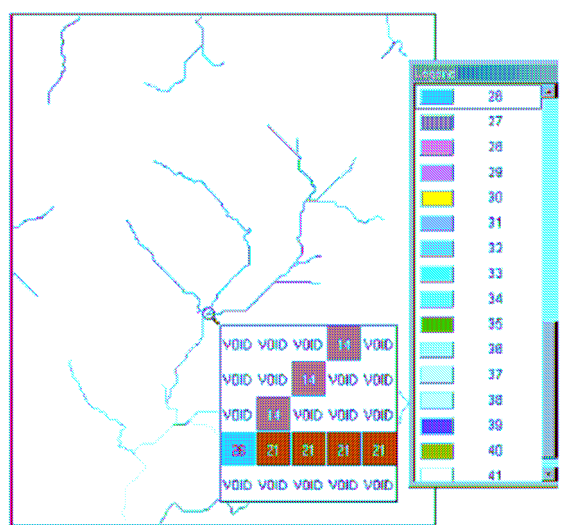
- virszemes noteces virzienu katrā šūnā jeb pikselī (63. attēls);
- tos pikseļus, kuru teritorijā akumulējas (uzkrājas) ūdens;

- sateces baseinus un to robežšķirtnes;
- modelēt ūdensteču tīklu (64. attēls).

Plakanām virsmām vai lokālām depresijām tiek aprēķināti visiespējamākie noteces virzieni. Tādējādi tiek izrēķināts, kur un kādā secībā pārvietosies virszemes ūdens straumes.



63. attēls. Virszemes noteces virzienu vizualizācija.



64. attēls. Ūdensteču tīkla modelēšana starp sateces punktiem.

6.11. Interpolācija

Līdzīgi, kā tas notiek rastra apstrādes programmās, arī pie kartes algebras aprēķiniem ir nepieciešams paredzēt nezināma vai jauna pikseļa vērtību. To izdara interpolējot „kaimiņu” pikseļu vērtības. Katra no interpolācijas metodēm izdara citādu pieņēmumu par to, kāda būs jaunā pikseļa vērtība, tāpēc konkrētā interpolācijas veida izvēle ir atkarīga no parādības, kuru pēta. Neatkarīgi no pielietotās interpolācijas metodes ir spēkā princips – jo vairāk ir izejas datu punktu (pikseļu ar mērījumiem

sākuma datu slānī), un, jo šie punkti ir vienmērīgāk izvietoti plaknē – jo precīzāks būs rezultāts.

6.12. Tālīzpētes metodes

GIS plaši tiek izmantoti satelītdati un radaru, sonaru mērījumi. Šādi datu avoti raksturojas ar milzīgu savāktu rastra datu daudzumu, kurā ir pēc iespējas ātri un precīzi jāatpazīst pētāmajai parādībai raksturīgās „pēdas” uz zemes virsmas vai zem tās. Piemēram, jāidentificē reģioni, kur var būt perspektīvās derīgo izrakteņu atradnes pār aerokosmiskajiem attēliem. Tālīzpēte kā praktiska tehnoloģija sākotnēji attīstījās tieši militārajā jomā. Militārās izlūkošanas uzdevums bija – iegūstot ienaidnieka teritorijas aerofotogrāfijas noteikt vietas, kur paslēpta kara tehnika un izveidoti ierakumi. Visā veida cilvēku roku radītajai teknikai un arī būvēm ir kopēja iezīme – tās ir simetriskas, tāpēc izdalās no dabas veidojumiem. Piemēram, tanka vai automašīnas korpusa projekcija veido taisnstūri aerofotogrāfijā pat tad, ja tā ir nokrāsota maskēšanās krāsā vai nosepta ar maskēšanās tīkliem. Otrajā pasaules karā miljoniem aerofotogrāfiju pārbaudīja ar manuālām metodēm, bet, pēc pirmo datoru pielietošanas sākuma aizsardzības vajadzībām 50-60 gados strauji attīstījās datorizētās tālīzpētes metodes. Tās izmantoja rastra analīzes jeb attēlu atpazīšanas metodes, lai digitizētu uzdotos militāros objektus pēc raksturīgajām „pēdām” aerofotogrāfijā vai kosmiskajā attēlā. Digitizētie objekti tālāk nonāca operatora redzes laukā, un tikai cilvēks pieņēma lēmumu, vai objekti atpazīti pareizi.

Viena no pamata metodēm tālīzpētes rastra apstrādē ir fotogrāfijas sadalīšana pa zonām, kurām raksturīgas atšķirīgas tekstūras. Tekstūra ir, piemēram, koku galotņu veidotā aina fotogrāfijā, kas raksturo mežu. Tā kā tālīzpētes programmas ir ekspertsistēmas, tad pirmais solis ir programmas apmācība ar piemēriem. Iespējama automātiska programmas apmācība (angliski *unsupervised training*), kad tiek izmantots zināms skaits ainu, kuras tiek klasificētas pa atšķirīgas tekstūras nogabaliem, vai arī – manuāla apmācība (angliski *supervised training*), kad operators sistēmai grafiski norāda (uzzīmē nogabalu robežas) vietas, kur ir tipiskas mežaudzes, ūdeņi vai kādi citi objekti. Jebkurā gadījumā ekspertsistēma uzkrāj sistēmas datu bāzi ar piemēriem, kas kalpo tālākai, automātiskai objektu atpazīšanai rastra attēlā. Pēc programmas palaišanas darba režīmā programma klasificē visu fotogrāfiju – sadala to pa nogabaliem un piekārto katram nogabalam visticamāko apzīmējumu. Sarežģītāk ir ar līnijveida objektiem, piemēram, taku mežā vai krauju. Lai identificētu šādus objektus, kā arī lai skaidrāk iezīmētu divu laukumveida objektu atrašanos, tiek izmantoti tā saucamie „robežas noteikšanas” (angliski *edge detection*) algoritmi, kuri „izceļ” pikselus uz robežas starp divām dažādām tekstūrām, tādējādi iegūstot asu, skaidri saskatāmu līnijveida objektu, kuru var digitizēt. Atpazītie vektoru objekti tiek uzkrāti vektoru grafikas failā, un, tie ir izmantojami tālākai GIS analīzei. Šo procesu sauc arī par automātisko vektorizāciju, tomēr nedrīkst aizmirst, ka primāri šādi tehnoloģija ir derīga tieši nogabalu vai atsevišķu objektu atrašanai foto attēlā, nevis kartes noformēšanai. Rezultāti, kuri izdodas ļoti labi ar satelītainu klasificēšanu pa zemes seguma veidiem var būt arī neapmierinoši pie mēģinājuma automatizēti klasificēt un digitizēt topogrāfisko karti, kas satur daudz semantisku kartes apzīmējumu un „domu kartes” elementu, kas nav vienkārši „iemācāmi” programmatūrai. Tālīzpētes rastra apstrādē plaši pielieto interpolācijas un ekstrapolācijas algoritmus un statistiskās analīzes metodes, kuras palīdz programmatūrai „izšķirties” par vispareizākā koda piešķiršanu katram nogabalam. Virknē gadījumu

tālizpētes datu apstrādē iegūtajiem daudzstūru un līniju vektoru grafikas elementiem ir nepieciešama pēcapstrāde, kas iedalās „nogludināšanā” (angliski *smoothing*) un vienkāršošanā (angliski *simplifying*). „Nogludināšana” procesā tiek atņemti visi tie vektoru grafikas punkti, kuri nenes principiālu informāciju, piemēram, iztaisnota sākotnēji iegūtā „zāģveida” kontūra starp mežu un lauku. Vienkāršošana izpaužas kā kartes ģeneralizācijas un topoloģijas pārbaudes procedūras, kuru laikā samazinās saglabājamo vektoru datu apjoms, tiek apvienotas atsevišķu apvidus objektu prezentācijas kartes datu bāzē. Piemēram, no atsevišķām nelielām kontūrām, kuras savstarpēji saskaras, tiek izveidots vienots meža nogabala masīvs.

Neviena tālizpētes datu apstrādes metode nenodrošina 100% ticamību, tādu var iegūt tikai apsekojot apvidus objektus dabā. Tāpat programmatūrai var norādīt minimālā klasificēšanas nogabala lielumu dabā, piemēram, 1 ha, lai netiktu uzkrātas sīkas kontūras, kas nav nepieciešamas dotajam uzdevumam vai kartes mērogam. Atsevišķs attēla atpazīšanas gadījums ir cilvēka personības atpazīšana pēc sejas videonovērošanas ierakstā. Tā tiek plaši izmantota kriminālistikā, un arī – drošības struktūru praksē. Lietotie algoritmi un programmatūra ir mazliet atšķirīga, bet pamata princips saglabājas – video kadra sadalīšana pa nogabaliem, cilvēka sejas nogabala izdalīšana (atpazīšana) un sejas attēla salīdzināšana ar datu bāzi, kurā saglabāti ieraksti par personām un to fotogrāfijas.

6.13. ĢIS projekta plānošana

Galvenie soļi ĢIS projekta plānojumā ir analogi citiem informācijas tehnoloģiju sistēmu izstrādes etapiem. Tomēr pastāv iespēja, ka, salīdzinot nelielos projektos dati tiks savākti un analizēti izmantojot standarta ĢIS programmatūras saskarnes rīkus. Šādi rīki zināmā mērā nodrošina arī datu loģiskās un fiziskās struktūras projektēšanu un realizāciju, neiedziļinoties relāciju mehānismos starp entitijām. Lietotāja saskarne ir pietiekoši intuitīva, un, pieredzējis ĢIS analītiķis var izveidot visus nepieciešamos slāņus, to atribūtus un vizuālo noformējumu neizmantojot programmēšanas valodas, vai arī – pielietojot tikai makro programmēšanu. Apgūt un lietot makro programmēšanas iemaņas, piemēram, ierakstīt nepieciešamo komandu secību un tad to atkārtot citai datu kopai, var arī ĢIS datu ievades operators. Lielākos projektos ir lietderīgi paredzēt un realizēt sistēmanalīzes, programmēšanas un izstrādāto programmu lāgošanas (testēšanas) darbus, kas gala rezultātā būtiski uzlabo ĢIS funkcionalitāti.

Plānojot ĢIS projektu, ir jāparedz sekojošais:

- 1) Pēc iespējas precīzi jānosaka teritorija, kuru aptvers ĢIS;
- 2) Jādefinē izšķirtspēja (rastra datiem) vai detalizācijas pakāpe, kāda nepieciešama galvenajiem datu slāņiem. Detalizācijas pakāpe ir digitālās kartes analogs mērogam papīra kartēs;
- 3) Jādefinē, kas būs lietotāji (struktūrvienības, amati vai vecums, nodarbošanās);
- 4) Jācenšas uzzināt, kādas ir potenciālo lietotāju priekšzināšanas, viņu datora prasmes, saskare ar inženiergrafiku, kas nereti ir „priekšvēstnesis” ĢIS;
- 5) Jāsastāda nepieciešamo datu slāņu apraksts;
- 6) Jānosaka analīzes prasības;
- 7) Jāsastāda vajadzīgo funkciju saraksts;
- 8) Jāizveido kartogrāfiskais modelis analīzes procesam;
- 9) Jāizvēlas ĢIS programmatūra;

- 10) Jāizvērtē nepieciešamās datortehnikas (ieskaitot drukas iekārtas, datortīklu) iegādes nepieciešamību;
- 11) Jāievērtē attālināto lietotāju (ja tādi ir) iespējas piekļūt datu bāzei, efektīvi strādāt ar to;
- 12) Jāaprēķina fiksētās investīcijas un uzturēšanas izmaksas.

6.14. Daži ĢIS aspekti

- Daudzo gadījumos ĢIS „zina”, kur ir atrodamas vajadzīgās lietas vai resursi, un, tas ir būtiski, pieņemot izsvērtus vadības lēmumus;
- Ciparu (digitālā) *karte pati par sevi nav ĢIS*, karte ir tikai no ĢIS datu bāzes iegūts sekundārais produkts;
- ĢIS ir tik vērtīga, cik vērtīgi ir dati, kas šajā sistēmā ir ielikti;
- Pareiza tehnoloģiskā shēma ir kritiski svarīga ĢIS veiksmīgai izmantošanai;
- Karte ĢIS ir tas pats, kas atskaite (angliski *report*) relāciju datu bāzes sistēmā.

Tehnoloģiskā shēma ietver:

- ĢIS datu bāzes projektējumu;
- kartogrāfisko produktu (karšu plānu, shēmu, grafiku) projektējumu;
- pētāmās parādības modelēšanu (ja to neietver datu bāzes projektējumā);
- datu bāzes fizisko realizāciju uz specifiskas aparatūras (datori, perifērijas iekārtas), izmantojot konkrētu programmatūru.

Datu bāzes projektējums ir jāizpilda vispirms teorētiskā līmenī – apskatot ieejošo un izejošo datu plūsmas, aprakstot biznesa procesus, kas būtiski sistēmai. Tikai pēc šāda modeļa izveides ir iespējams izvēlēties piemērotāko ĢIS programmatūru un aparatūras risinājumus. ĢIS programmatūra ar savu funkcionalitāti „nosedz” vienu daļu no visām nepieciešamajām informācijas sistēmas funkcijām, tāpēc ir būtiski plānot arī citus informācijas sistēmas aspektus, tādus kā lietotā operāciju sistēma, sakaru pakalpojumu programmatūras, dokumentu pārvaldības sistēmas programmatūras un citas, kas nepieciešamas pilnvērtīgam darbam. Nereti, plānojot jaunas ĢIS darbību, ir svarīgi iedziļināties tieši esošās sistēmas (ja tāda eksistē) biznesa procesos, lai noskaidrotu, kas būtu principiāli uzlabojams.

Visās informācijas sistēmu tehnoloģiskajās shēmās būtisks ir cilvēciskais faktors, proti, darbinieku zināšanu līmenis un tā celšanas iespējas. Lai arī informācijas sistēmās notiek straujāka tehnoloģiju nomainīšana, nekā, piemēram, lauksaimniecībā un rūpniecībā, arī šajā nozarē tiek ievērots programmatūras paaudžu cikliskuma princips. Pilnīgi jaunas tehnoloģijas, platformas un vides ievieš ne biežāk kā 3-5, dažos gadījumos pat 10 gados. Īpaši ilgstoša programmatūras pārmantojamība ir sastopama datorizētās projektēšanas (CAD) sfērā, šeit inženiertehniskie darbinieki nereti lieto programmatūras versijas, kuras ir pat vecākas par 10 gadiem. Tas ir izskaidrojams ar komplicētām lietotāja saskarnēm, kuras lieto atsevišķās inženieru projektēšanas sistēmās un salīdzinoši nemainīgiem uzdevumiem ilgstošākā laika periodā.

Izvēloties un realizējot ĢIS projekta tehnoloģisko shēmu ir jāpievērš uzmanība arī pakāpeniskai lietotāju apmācībai un patstāvīgai lietotāju profesionālajai izaugsmei. Nereti ĢIS programmatūras saskarnes un veicamie darba uzdevumi ir pārāk komplicēti konkrētai lietotāju grupai, un, vispirms, šādi lietotāji ir jāapmāca darba procesā strādāt ar vienkāršākām lietojumprogrammām, piemēram, ar ĢIS Interneta pārlūkprogrammām datu skatīšanas režīmā.

NOBEIGUMS

Noslēgumā apskatīsim hipotētisku ĢIS, kas varētu darboties pārskatāmā nākotnē kādā no Latvijas pašvaldībām ar aktīvām lauksaimniecības, mežsaimniecības un lauku tūrisma nozarēm, piemēram, kādā no novadiem. Pirmkārt, šāda ĢIS būs integrēta ar Valsts nozīmes informācijas sistēmām (reģistriem) un saņems datus tiešsaistē no visām datu bāzēm, kuras atrodas Valsts vai pašvaldības iestāžu pārziņā, pie kam var prognozēt ievērojama datu apjoma atvēršanu tieši ar citām, kaimiņu pašvaldībām, kuras būs iesaistītas līdzīgu sociālo, ekonomisko un ekoloģisko problēmu telpiskā risināšanā. Nav paredzama visu datu vienkopus glabāšana un tehniskā uzturēšana vienā lieldatorā, pat ne vienā informācijas tīklā, bet ir droši prognozējama datu apmaiņas protokolu un datu nodošanas – saņemšanas procedūru stabilizācija līdz vispārlietotam līmenim, kā tas pašreiz, piemēram, ir realizēts starpbanku norēķinos. Līdzīgi kā šobrīd klients var izpildīt visdažādākās finanšu operācijas no jebkuras bankas bankomāta, tā arī nākotnē iegūtos ģeogrāfiskos un atribūtu datus varēs pieprasīt, pārsūtīt, analizēt un izdrukāt uz papīra ar visdažādāko ĢIS programmatūru no daudzām datu bāzēm. Tomēr, datu drošība un nesankcionētas piekļuves ierobežošana datu bāzēm arī turpmāk būs zinātnieku un praktiķu redzeslokā. Nekustamā īpašuma, ūdeņu, meliorācijas, mežu kadastrs būs tikai daži no tiem nākotnes reģistriem, kas veidos informatīvo „mugurkaulu” lēmumu pieņemšanas sistēmai.

Paralēli oficiālajiem datu avotiem, kādi, neapšaubāmi, ir reģistri, lielāka uzmanība tiks pievērsta arī automātisko mērierīču savāktajiem dinamiskajiem datiem, piemēram, pasažieru skaitu fiksējošām ierīcēm autobusus, autotransporta skaitu un gabarītus fiksējošām iekārtām ceļu segumā u.t.t. ĢIS kļūs daudz dinamiskāks pateicoties pieaugušajām datortehnikas jaudām un inteliģentākām, mazāku gabarītu un uzticamākām automātiskās fiksēšanas iekārtām (signāla devējiem). Plaši izmantos lokālās datu bāzes, kas tiks radītas privātos uzņēmumos, pētnieciskos institūtos un skolās. Aprakstītajā hipotētiskajā novada ĢIS viens no pamata princips būs datu atkārtota izmantošana pēc iespējas daudzās programmās un to analīze visdažādākajos griezumos.

ĢIS būs pārstāvētas slāņu grupas (tēmas) no daudzām datu krātuvēm, kas fiziski atradīsies un tiks aktualizētas dažādos serveros.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

1. Apvidus objektu klasifikators (projekts). Valsts zemes dienests. Lielmēroga kartēšanas pārvalde. Npublicēts. Rīga, 2001.
2. Burrough P.A., McDonnell R.A., Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, 1997.
3. Dobelis M. Inženiergrafika. Ievads Datorgrafikā. Mācību līdzeklis. Rīga: Zvaigzne ABC, 1999.
4. MicroStation GeoGraphics 2004 Reference Guide. Bentley online documentation.
5. Mūsdienu Latvijas topogrāfiskās kartes. Autoru kolektīvs. Rīga: Valsts zemes dienests, 2001
6. Nekustamā īpašuma kadastrs Latvijā 1940-2004. Autoru kolektīvs. Otrais izdevums. Rīga: Valsts zemes dienests, 2004.
7. Peļiņins A., Spalis G. AutoCad datorizētā projektēšana. Rīga: SIA J.L.V, 2003.
8. Štrauhmanis J. Teorētiskā kartogrāfija. Mācību līdzeklis. Rīga: RTU, 2005.
9. Working with GeoMedia Professional. Intergraph online documentation.
10. Worboys M.F. GIS: A Computing Perspective. London: Taylor & Francis, 1995.
11. Zemes izmantošana un kadastrs Latvijā. A. Boruka redakcijā. Rīga: LLU Skrīveru zinātnes centrs, Valsts zemes dienests, 2001.
12. Apvidus objektu klasifikatora darba grupas mājas lapa <http://priede.bf.lu.lv/GIS/Standarti/>
13. Eiropas Ģeogrāfiskās informācijas laboratoriju asociācijas mājas lapa <http://www.agile-online.org/>
14. Eiropas Telpisko datu infrastruktūras attīstības iniciatīvas *INSPIRE* mājas lapa <http://inspire.jrc.it/>
15. ESRI kompānijas tiešsaistes skaidrojošā vārdnīca <http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary.gateway>
16. Ģeogrāfiskās informācijas asociācijas (AGI) un Edinburgas universitātes tiešsaistes skaidrojošā vārdnīca <http://www.geo.ed.ac.uk/agidict/welcome.html>
17. Latvijas Zinātņu akadēmijas Terminoloģijas komisijas Informātikas apakškomisijas apstiprinātie angļu valodas tulkojumi, <http://completedb.ttc.lv/>
18. OpenGeospatial Consortium standartizācijas organizācijas mājas lapa <http://www.opengeospatial.org/>