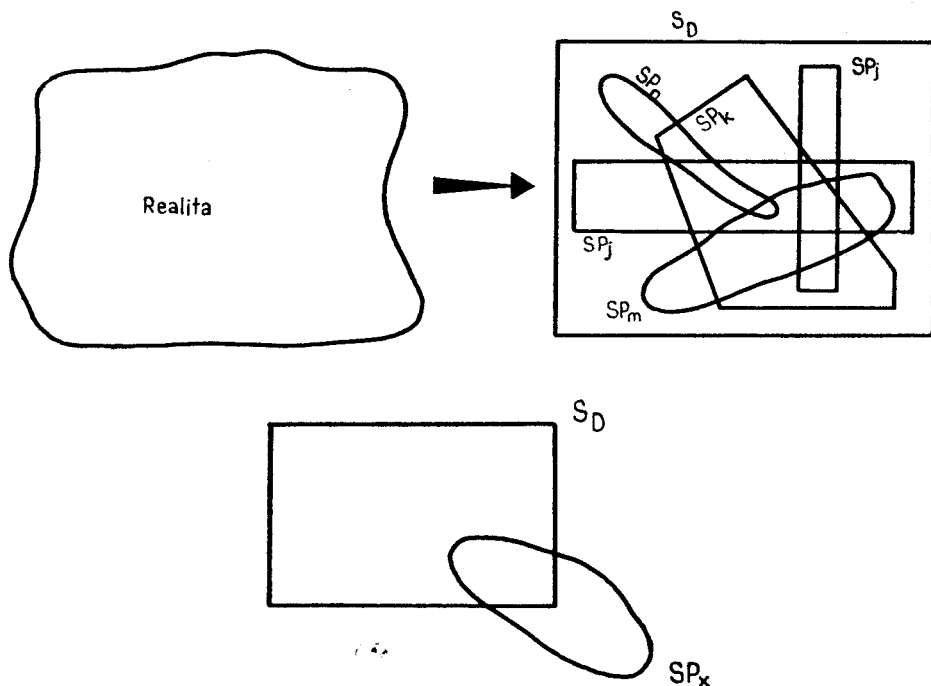


vení (vyčlenění) ještě neznámých aspektů jevu, což se může projevit při statistických výzkumech.

Je tedy neúčinné a též *nebezpečné studovat strukturu dat jako funkci problému*; v tomto případě je riziko dojít k jedinému řešení některých specifických problémů v úzkém slova smyslu, namísto poskytnutí plného výběru řešení. *Nebude-li SD naprogramována pouze na řešení dílčí úlohy, může být využita široce podle potřeby.*



obr. 17a, b. Struktura geografických jevů (podle Bouillé 1978)

Vyčerpávající seznam problémů není možné sestavit. V protikladu obvyklým přístupům (v souladu s vyloženým a ilustrovaným způsobem) navrhujeme doplnit metodiku soupisem problémů, jež je možné řešit s pomocí dříve známé struktury dat. Řešení vyžaduje: a) zpočátku stanovit, že je *SD* konečná; jestliže nějaký problém nemůže být řešen, je nezbytné buď prověřit jeho osnovu, nebo vyplnit nedostatky v *SD*; b) pak získat podstruktury vhodné pro řešení problému  $P_i$ , když vznikne před uživatelem.

Vyhledávání takových podstruktur je kombinatorickým problémem, objevenším se v době nedávno minulé.

Ve srovnání s koncepcemi jiných systémů se struktura jevů reality v HBDS nevyjadřuje „stromem“, sítí či maticí. Je iluzorní tyto jevy zobrazit nějakým schématem. To, co nazýváme jevem je pouze konečný

komplex diskrétních složek, označovaných termínem „data“, a proto první úkol spočívá v přesném určení tohoto termínu.

Každý problém, je-li správně zformulován a má smysl, má jedno nebo více řešení v závislosti na vnitřní organizaci jevů, jejich přirozené struktury a tedy struktury složek, zvláště těch, které máme k dispozici jako „data“. Proto se vždy opíralo řešení o strukturu dat, jako by problém neexistoval a tedy SD byla nezávislá na problému. Odtud byla chybně sestavována SD jako funkce řešeného problému.

Řešení problému spočívá v datech a ne v jejich rozdělení v paměti počítače, kde jsou nějakým způsobem uspořádány. Zvláště SD nelze určit jako „masiv“ nebo „zápis“ či jiným termínem, bezprostředně spjatým se strukturou paměti.

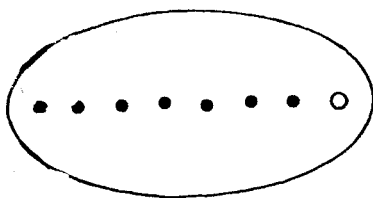
### *Struktura dat v HBDS*

**Systém HBDS – Hypergraph-Based Data Structure** — je založen na systému hypergrafů (Berge, 1970a, b, c) a určení množiny (Bourbaki, 1939): „Množinu vytváří prvky s určitými vlastnostmi vstupující do různých vazeb mezi sebou nebo s prvky jiných množin“.

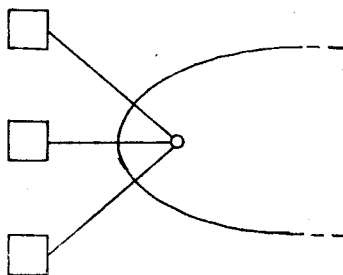
Třída je souborem prvků (objektů), které mají určitou vlastnost(i) a stejný vztah(y). Je graficky vyjádřena na obrázku a hypergrafu kolem prvků souboru. Soubor obsahuje speciální vrchol, k němuž je vztažen název třídy. (Obr. 18.)

Vlastnost náležející speciálnímu vrcholu je nazývána znakem (vlastností) třídy (obr. 19), přičemž množství znaků není omezeno.

Jeden prvek třídy je objekt. Je nositelem hodnot, které jsou zvláštními



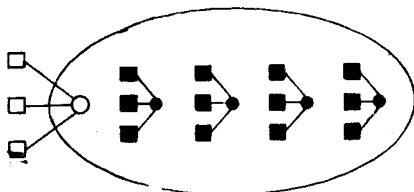
Obr. 18. Třída objektů HBDS (podle Bouillé 1978)



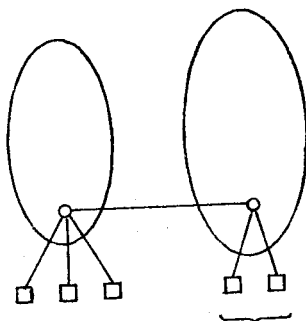
Obr. 19. Vlastnosti třídy objektů (podle Bouillé 1978)

hodnotami vlastností jeho třídy a nazývají se znaky objektů (obr. 20).  
Může se vyskytnout případ, kdy určitému znaku objektu není přiřazena hodnota. Počet objektů třídy není ohraničen.

Soubor objektů vyjadřujících více vlastností patří fakticky do subtrždy nesoucí tyto dodatečné vlastnosti (obr. 21).



**Obr. 20.** Vlastnosti třídy objektů a objektů tříd (podle Bouillé 1978)



**Obr. 21.** Soubor objektů vyjadřujících více vlastností (podle Bouillé 1978)

Autor rozlišuje čtyři abstrakce: 1. množinu, 2. prvek, 3. znak (vlastnost) a 4. vztah.

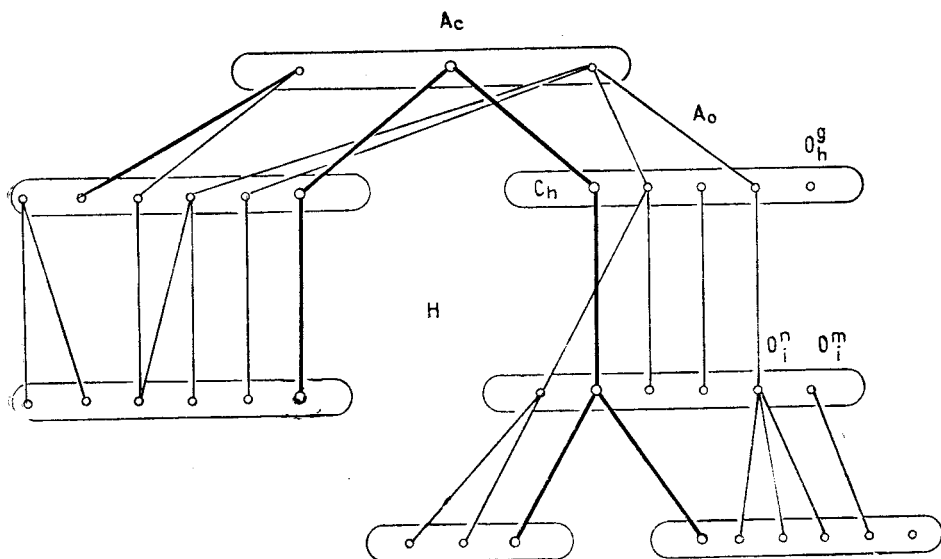
Jaký musí být strukturní model pro popis určité organizace, vycházející z těchto abstrakcí?

Poněvadž jde o množinu, ukazuje se jako nejvhodnější koncepce hypergrafu. V tomto případě je nezbytné spojovat grafické zobrazení s každou ze čtyř základních abstrakcí:

- prvek se zobrazuje vrcholem,
- hrana hypergrafu je přiřazena některé jeho části,
- znak se předává číselnou hodnotou,
- oblouk materializuje vztah (vazbu).

HBDS obsahuje hierarchickou a nehierarchickou podstrukturu.

Hierarchická podstruktura (obr. 22) je tvořena stromovitým větvením  $A_c$ , jehož vrcholy tvoří množinu  $C$ . Každému vrcholu  $c_j$ , nazývanému „klasifikací“, je přiřazena množina hodnot  $A_i$ , kde  $p$  — tá hodnota je označována indexem  $A_{ip}$  a je znakovou třídou. Žádné apriorní hypotézy o množstvích a podstatě znaků nejsou zadávány.



Obr. 22. Hierarchická podstruktura HBDS (podle Bouillé 1978)

Pojem hypergrafu tedy můžeme zavést s pomocí množiny vrcholů  $O$ . Každému vrcholu  $c_i$  je přiřazen prvek množiny vrcholů, který značíme  $O_{ip}$ . Vrchol části  $O_i$  je označen  $O_i$ . Jednoduchý hypergraf je určen následovně:

$$H = \{O, O_i\},$$

kde  $O$  je hrana,  $O_i$  vrchol.

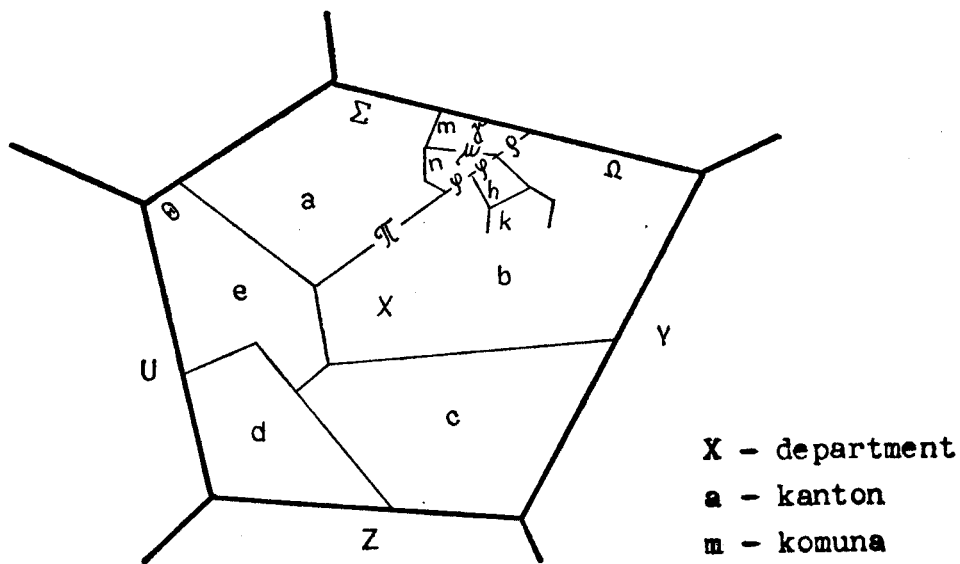
Každému vrcholu  $O_i$  je přiřazena množina  $a_i$  hodnot  $a_{ip}$ . Jde o „znaky objektů“.

Když uvažujeme hodnoty představované znaky v nadtřídách dané třídy, můžeme uspořádat nejen třídy, ale i objekty v nich. Tak má každý objekt svůj obraz ve své nadtřídě (pokud existuje) a možné odrazy v jedné či více podtřídách (jestliže existují).

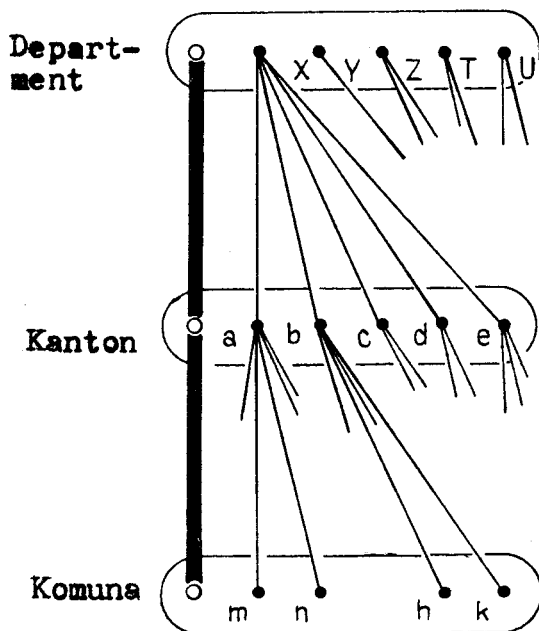
Příkladem takové hierarchické podstruktury je administrativní členění Francie: department sestává z kantonů a ty z komun (obr. 23). Struktura je uspořádaná a sestává ze 3 tříd (obr. 24).

### Nehierarchická podstruktura HBDS

HBDS obsahuje též nehierarchickou podstrukturu, určovanou následovně: každou třídu  $c_i$  je možno spojit s druhou třídou  $c_j$  pomocí jedné nebo několika oblouků nazývaných „vazbami mezi třídami“ a nesoucích určitou hodnotu. Tato vazba se označuje  $R_{ij}^k$ . Vazba orientovaná v opačném směru odráží opačné vzájemné vztahy. Dvě třídy mohou být spojeny libovolným počtem vazeb a jedna vazba může být smyčkou nad třídou  $C_i$ . Vztahy mezi třídami tedy náleží orientovanému multigrafu.

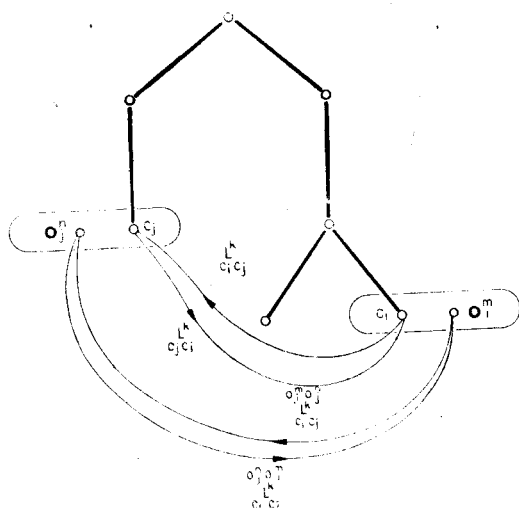


Obř. 23. Schéma administrativního členění Francie (podle Bouillé 1978)



Obř. 24. Hierarchická podstruktura administrativního členění Francie (podle Bouillé 1978)

Závislost předávaná vazbou se nevztahuje ke třídám, ale objektům tříd, které ji potvrzují (nebo ne). Tak při přítomnosti  $O_i^m$ ,  $R_{ij}^k$ ,  $O_j^n$  sjednocují  $O_i^m$  s  $O_j^n$  obloukem, nazývaným „vazba mezi objekty“. Tato vazba odráží vzájemnou závislost dvou objektů. Vztah orientovaný v opačném směru potvrzuje opačnou závislost. Vztahy mezi třídami sestavují druhý multigraf.



**Obr. 25.** Nehierarchická podstruktura HBDS: vazby tříd a objektů (upraveno podle Bouillé 1978)

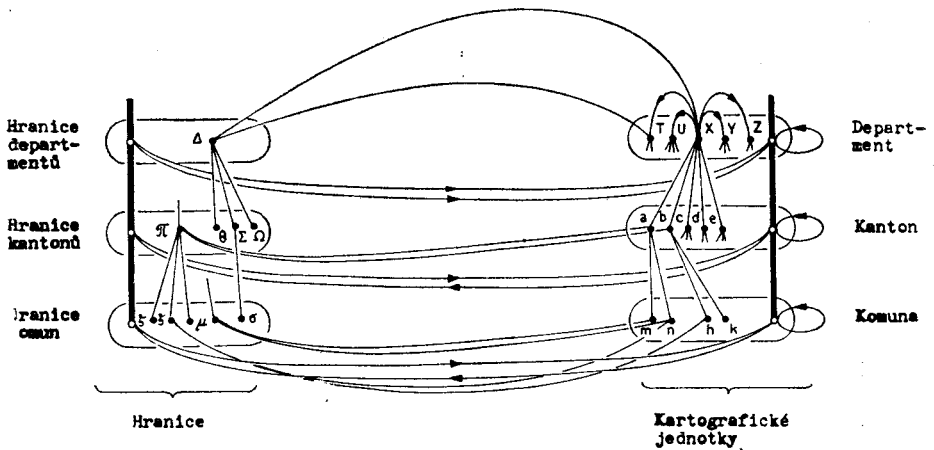
Na obr. 25 je uveden silně zjednodušený příklad vztahu mezi třídami a objekty. Je vidět, že celá množina objektů ještě nepotvrzuje závislosti. Tedy multigraf vazeb mezi třídami zobrazuje potenciální závislosti, ačkoliv multigraf vazeb mezi objekty zobrazuje reálné vazby.

Konečně se vazba může projevit jako smyčka; pak vazba na třídě vyjadřuje smyčkou nad objektem, když tento objekt potvrzuje závislost na sobě samém (reflexivnost).

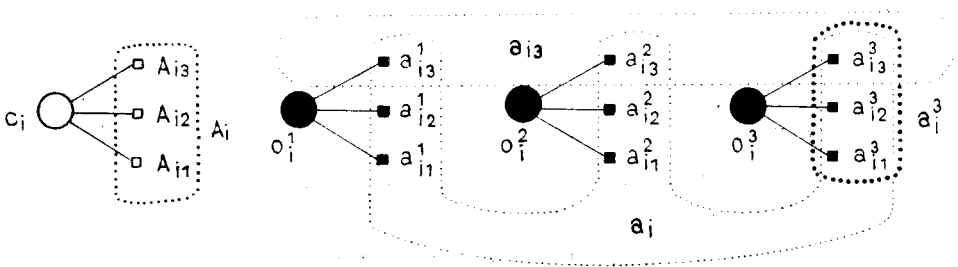
Vrátíme-li se k příkladu s jednotkami administrativního dělení Francie, ukáže se, že hierarchická struktura je zcela nedostatečná pro to, aby odrazila jevy bez zavedení jiných neuspořádaných vlastností.

V samé podstatě tyto různé jednotky projevují vztah sousedství: departement s departementem, kanton s kantonem, komuna s komunou. Některé z těchto styčných vztahů se převádějí do SD vazbami nad odpovídajícími třídami, vazbami-nositeli vztahu sousedství hierarchicky odlišných jednotek (kanton — departement, aj.), přičemž další vztahy nejsou zahrnuty. Tyto hranice departementů, kantonů, jakož i hranice komun tvoří uspořádanou množinu 3 tříd (obr. 26).

Při úvaze vlastností modelu HBDS konstatujeme, že připouští různé operace členění (obr. 27). Zvláště soubor  $A_i$  je možné označit jako množinu znaků třídy  $C_i$ ,  $a_{ip}$  jako množinu znaků objektů pro znak třídy  $A_{ip}$ , tj. množinu hodnot nabyvaných všemi objekty pro danou vlastnost,  $a_{im}$  jako



Obř. 26. Struktura a vazby HBDS na příkladu administrativního členění Francie (podle Bouillé)



Obř. 27. Možné operace členění množiny vlastností v HBDS (podle Bouillé 1978)

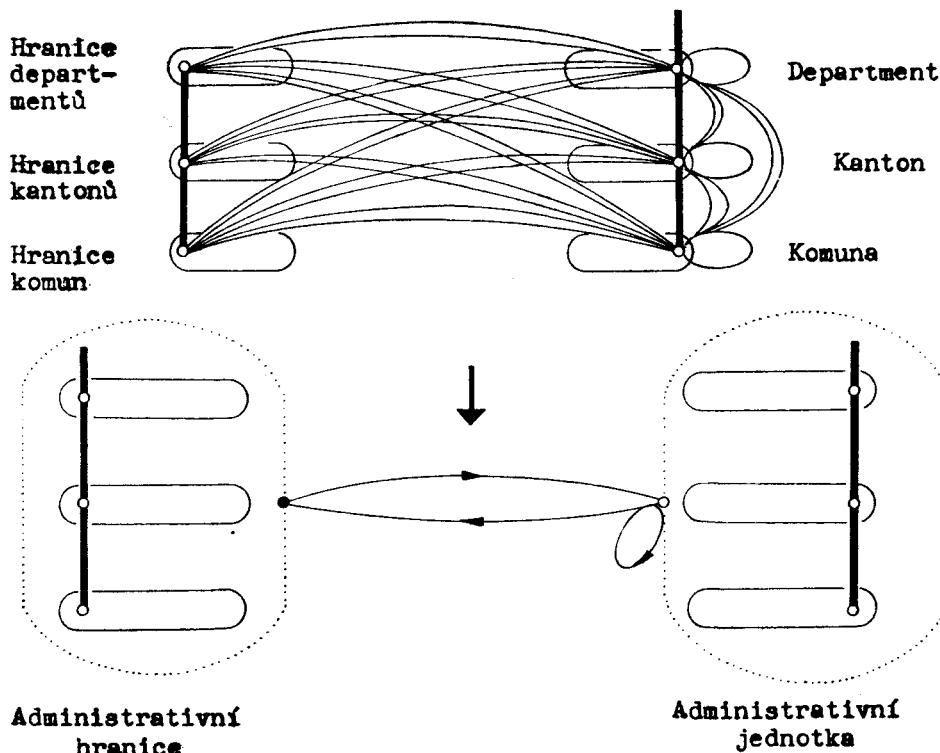
množinu znaků jednoho objektu, odpovídající všem znakům jeho třídy,  $a_i$ , jako množinu všech znaků všech objektů třídy, odpovídajících nějakým  $A_{ip}$ , tj. obrazu  $A_i$  v  $O_i$ .

V uvedeném příkladu s administrativním členěním je chápáno znakem např. složení obyvatelstva, střední věk, porodnost, administrativní statut města, koeficient využití země atd.

Na nejvyšší úrovni abstrakce zavádí Bouillé pojmy hypertřída, hypervazba, multivazba (mnohonásobný vztah) a hypermultivazba.

### Hypertřída a hypervazba

Často se u početných tříd objasňují vazby téhož typu, jakož i u jiných tříd. V takovém případě je rozčlenění tříd funkcí vztahů. Část vytvářená těmito třídami se nazývá hypertřídou. Množina vazeb určujících členění tříd se zaměřuje speciální vazbou, která sjednocuje dva hypergrafy a nazývá se hypervazba. (Obr. 28.)



Obr. 28. Hypertřídy a hypervazby v HBDS (podle Bouillé 1978)

Hypertřída a hypervazba dovolují uživateli lépe chápat množiny tříd objektů a pracovat s nimi bez úvah o náležitosti každého objektu dané třídy.

#### *Multivazba*

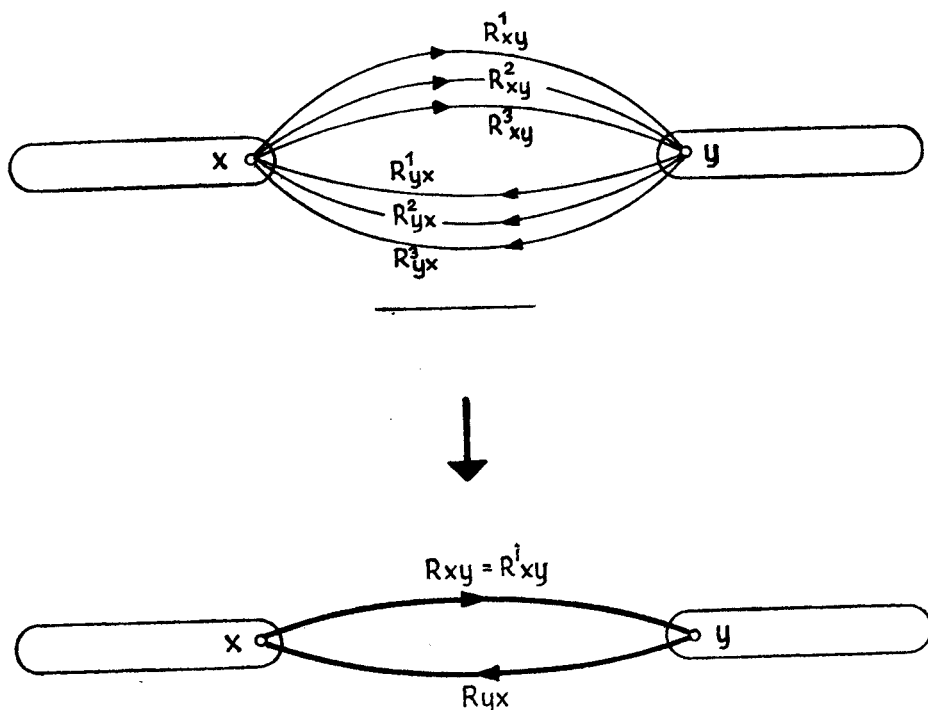
je dalším rozvinutím, jímž chápeme množinu vazeb spojující dvě dané třídy. Dává uživateli možnost pracovat s množinou vztahů na množině dat bez jejich předběžného posouzení (obr. 29).

#### *Hypermultivazba*

je kombinace pojmů hypervazba a multivazba. Jeden hypermultivztah nahrazuje několik hypervazeb sjednocujících dvě hypertřídy.

Model HBDS není pouze bankou dat s takřka univerzálními charakteristikami. Je to model struktury velmi dobře využitelný v kartografii, a tedy i při zpracování a interpretaci geografických objektů a jevů. HBDS je především metodikou strukturalizace s cílem uchování podstaty a vnitřní struktury vědeckých dat při jejich uchování a zpracování nezávisle na materiálním zabezpečení a logickém aparátu počítače. Významná je též nezávislost na dílčích problémech vznikajících při procesu přijímání řešení. Budoucnost a širší uplatnění HBDS prověří její životaschopnost.





Obr. 29. Multivazba v HBDS (podle Bouillé 1978)

#### 5.3.3.4 Jiné organizace datových struktur

##### Topologická datová struktura

Zajímavé rozvinutí vektorové struktury nabízí Brassel (1978). I když jde prozatím o projekt, návrh možného použití topologické struktury, který dosud není operačně aplikován, je podle našeho názoru dobrým návodem jak pro proces digitalizace, tak pro organizaci struktury dat, kterou autor pojímá jako multiprvkovou.

Základními prvky navrhovaného systému jsou *body*, *uzly*, *linie* a *plochy* uložené ve třech typech datových pamětí: uzlové, liniové a plošné. Koncepce počítá s *třemi typy ukazatelů*: *na souseda* (proximity pointers), *topologickými* a *hierarchickými*. Ukazatelé na souseda vycházejí z Thiessenových (Jordanových) polygonů a jsou vytvářeny na několika hierarchických úrovních. Topologičtí ukazatelé zajišťují návaznost liniových sítí a polygonálních struktur. Ukazatelé hierarchie stanovují vztahy hierarchických plošných jednotek (cenzální jednotky, skupiny bloků aj.).

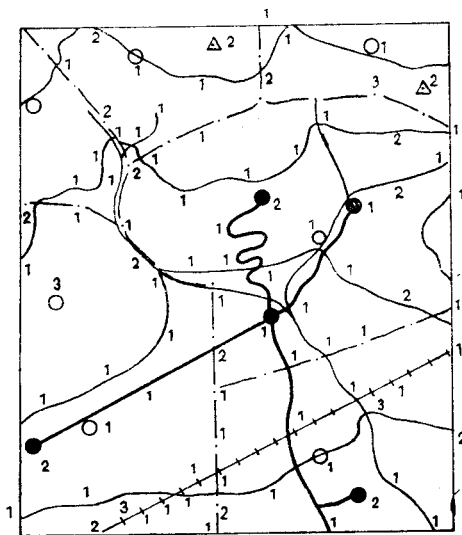
Body jsou chápány jako bezrozměrné polohové identifikátory, které jsou kartograficky významné. Pokud jsou uspořádány liniově, mohou být definovány jako vektor.

Uzly jsou polohové identifikátory nulového rozměru, které mají na rozdíl od bodů význam pro souseda a též topologický význam. Například soutok řek nebo průsečík hranic.

Linie je složena z řady bodů mezi dvěma uzly (též případ prázdného souboru bodů). Příkladem je propojení dvou řek, úsek kolejí apod.

Plochy jsou dvourozměrné útvary, jakými jsou například jednoduché polygony, konečný soubor polygonů, polygon s dírou nebo jejich kombinace. Příkladem je cenzální území, území mezi dvěma obrysovými liniemi nebo zalesněná plocha.

Prvky navrhované struktury jsou ilustrovány na obr. 30, který znázorňuje hypotetickou oblast s prvky bodovými (obydlí, stanice), liniovými (zákres hranic) a středovými body. Jsou odlišeny tři hierarchické úrovně s označením 1, 2, 3 od nejnižší k nejvyšší. Naznačené charakteristiky

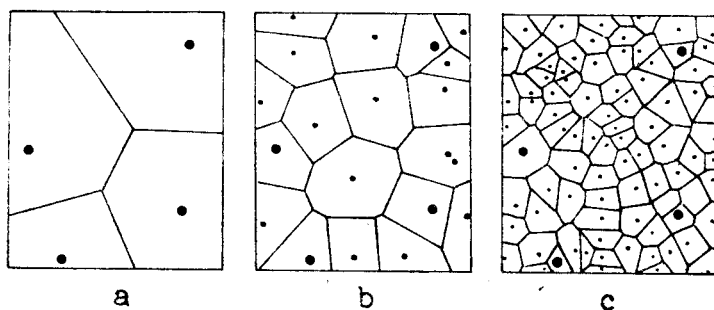


Obr. 30. Příklad hypotetické mapy (čísla 1, 2, 3 označují polohu uzlů 1., 2. a 3. úrovně) (podle Brassela 1978)

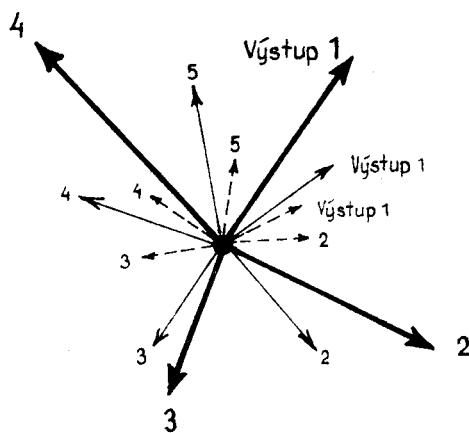
mohou být digitalizovány bod po bodu nebo způsobem sledování vytypované linie (line following). Všechny vlastnosti bodů jsou definovány jako uzly určité hierarchické úrovně. Linie, včetně polygonálních hranic, jsou digitalizovány v pořadí za sebou. Cílem je vytvoření sítě systematicky rozmístěných uzlů různých úrovní, z několika uzlů na vyšší hierarchické úrovni. Výhodným by bylo použití mechanismu, který by automaticky určoval uzly z bodů určitého významu a vlastností.

Významnou vlastností navrhované datové struktury je tvorba Thiessenových polygonů, které jsou počítány pro uzlové soubory každé hierarchické úrovně, přičemž uzly vyšší úrovně jsou též členy souboru nižší úrovně uzlů. Na obr. 31a—c jsou uvedena tři Thiessenova polygonní seskupení. Polygony mohou být základem pro sestavení triangulační sítě, v níž budou považovány dva uzly za sousední, jestliže současně dělí hranu Thiessenova polygonu. Vztah se sousedem je tedy založen na Thiessenově triangulaci, zatímco topologické sousedství je založeno na prostorové sou-

vislosti. Vztahy k sousedům budou v datové struktuře stanoveny ukazatelem (pointer) mezi sousedními Thiessenovými uzly, které mají též několik úrovní. Jsou uvedeny na obr. 32; je zřejmé, že třetí úroveň uzlů zahrnuje i úrovně 1 a 2. Každý vzájemný vztah sousedů je označen šipkou a nazývá se výstupem s rozlišením jeho úrovně. V obr. 32 jsou vý-



Obr. 31. Thiessenova polygonální síť uzlů tří hierarchických úrovní (a — Thiessenovy polygony založené na uzlech 3. úrovně, b — Thiessenova síť založená na uzlech 2. a 3. úrovně, c — Thiessenovy polygony založené na uzlech 1., 2. a 3. úrovně) (podle Brassela 1978)

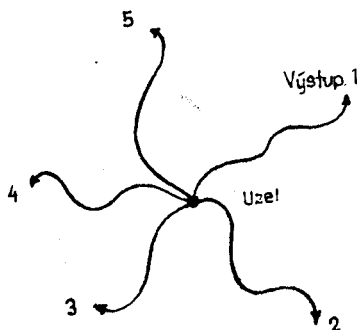


Obr. 32. Thiessenův odkazový systém na souseda (podle Brassela 1978)

stupy každé úrovně očíslovány ve směru pohybu hodinových ručiček. Znázorněný uzel má na třetí Thiessenově úrovni čtyři sousedy a po pěti na první a druhé. Reprezentace uzlového záznamu v takové struktuře vyžaduje vhodný počet výstupů k sousedům.

Počítačový program vytvářející Thiessenovy polygony považuje dva uzly za identické, jestliže je jejich vzájemná vzdálenost menší, než určitá prahová vzdálenost. Tato vlastnost je užívána k tvorbě topologické datové struktury. V nich bude uzel spojovacím bodem pro několik charakteristik.

Uvedení ukazatelé tvoří topologickou susedskou strukturu, v níž dva uzly spojené linií jsou prohlášeny susedy. Uzel tedy může být vymezen několika liniemi (každá vedoucí k topologickému susedovi); v topologickém systému rozlišujeme různé uzlové výstupy, které nazveme topologickými. Jak je ukázáno na obr. 33, jsou označeny proti směru hodinových ručiček (zde však nerozlišujeme mezi hierarchickými úrovněmi).

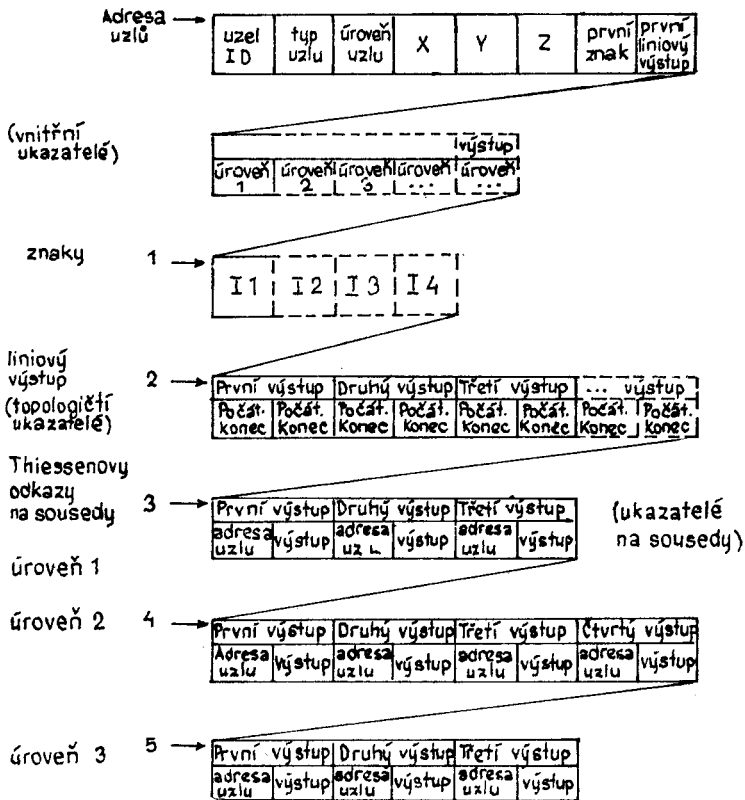


Obr. 33. Topologický odkazový systém (podle Brassela 1978)

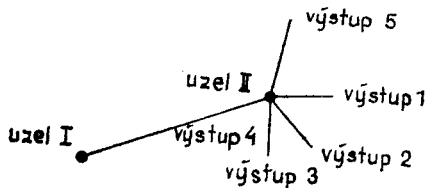
Fyzická reprezentace uvedených prvků je začleněna do tří typů paměti: uzlů, linií a ploch.

Struktura paměti je ilustrována na obr. 34. Uzlový záznam jako deskriptor jednoho uzlu sestává z logického záznamu obsahujícího neměnnou a proměnnou část. Neměnná, konstantní část, zahrnuje uzlový identifikátor, kód uzlového typu (např. průsečík železnice a hraniční linie, soutok řek), uzlovou úroveň (odpovídající pozici v rámci hierarchie Thiessenových vzájemných vztahů mezi susedy), souřadnicové odkazy na ukazatele pro proměnnou část záznamu. Proměnná záznamová část zahrnuje znaky deskriptorů, ukazatele liniových výstupů a Thiessenovy ukazatele na susedy. Linioví ukazatelé výstupů jsou uspořádáni ve směru či proti směru hodinových ručiček. Každý odkaz na suseda sestává z adresy susedního uzlu a výstupního identifikátoru. Jestliže uzel I je susedem uzlu II, uzlový záznam pro I bude zahrnovat ukazatele pro počáteční adresu uzlu II a také výstup, skrze který vstupuje I do II. V obr. 35 uzel II uvádí výstup 4 a proto výstupní identifikátor uložený s uzlem I je „4“. Tato informace je užitečná pro okamžitou orientaci v uzlu II; příští sused uzlu II ve směru pohybu ručiček může být dosažen skrze výstup 5 a sused proti směru ručiček skrze výstup 3. Výstup 4 zahrnuje zpětný opačný ukazatel k uzlu I.

Liniové záznamy popisují liniové rysy a sestávají z pevného počátku, určené konce a proměnné třídy střední části. Střední část tvoří řada bodových deskriptorů ( $x$ ,  $y$  souřadnice bodů definujících linii); začátek a konec tvoří ukazatelé uzlů a územních jednotek. Jak je ukázáno v obr. 36 ukazatelé bodu pro vymezení uzlů sestávají z adresy uzlu (počátek uzlového záznamu) a zvláštního liniového identifikátoru výchozího v rámci tohoto uzlového záznamu. Liniový východ 1 uzlu I spojuje



Obr. 34. Přehled záznamu uzlu (podle Brassela 1978)

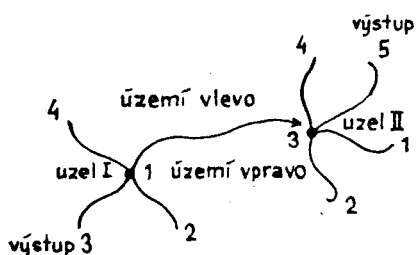


Obr. 35. Vstupní vzájemné vztahy sousedních uzlů (podle Brassela 1978)

body vyjadřující liniový záznam. Tato vlastnost umožňuje návaznost na pokračování linie. V našem příkladu je uzel I spojen s uzlem II třetím výstupem uzlu I.

Základní struktura územní paměti je ukázána na obr. 37. Sestává z logického záznamu obsahujícího pevnou a proměnlivou část. První zahrnuje takové rysy, jako územní identifikátor, typ územního kódu a několik ukazatelů, proměnlivá část sestává z libovolného počtu územních znaků. Paměť může zahrnovat záznamy nějakého typu izolovaného, přilehlého

uzel I					Kartografic..				Body				Uzel II	
1	2	3	4	5	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	6	7



- 1-typ linie
- 2,3-území vlevo, vpravo
- 4-adresa uzlu
- 5-výstup I
- 6-adresa uzlu
- 7-výstup II

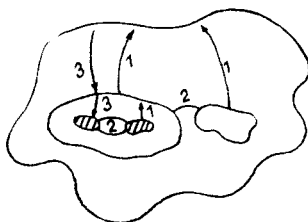
Obr. 36. Struktura liniového záznamu (podle Brassela 1978)

adresa  
území

území I D	typ území	úkaz středu	úkaz obrys. uzlu	ukazatelé hierarchie		
				vyšší úroveň	stejná úroveň	nižší úroveň

I D znaky	z	n	a	k	y

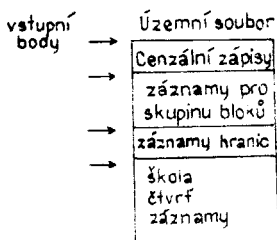
Obr. 37. Struktura záznamu plochy (podle Brassela 1978)



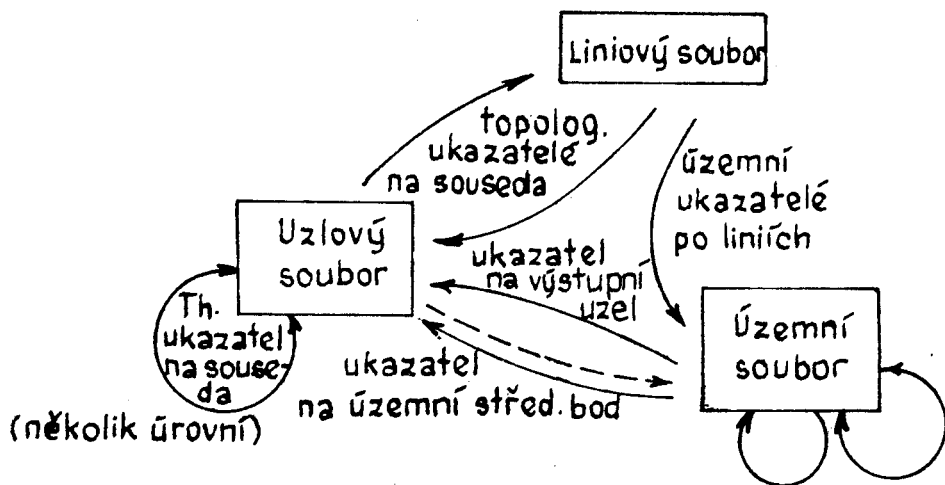
Obr. 38. Hierarchie ukazatelů pro plošné jednotky (podle Brassela 1978)

nebo splývajícího polygonu. Příkladem jsou statistické jednotky různých hierarchických úrovní (cenzální zápisy, skupiny bloků, bloky), množiny pokryvu území (jezera, zalesněná území, bažiny), politické jednotky, hraniční struktury atd. Ukazatelé územní paměti jsou vztaheni k Thiesenově struktuře, topologické struktuře a hierarchickému referenčnímu systému. Prvního je dosaženo ukazatelem adresy územního středového bodu (centroidu) v uzlové paměti; spojení s topologickou strukturou je zajišťováno ukazatelem zákresu uzlu územního polygonu. Hierarchický

referenční systém se skládá ze tří ukazatelů vztažených k územním jednotkám na vyšších, stejných a nižších hierarchických územních úrovních (obr. 38). Statistická jednotka může obsahovat „díry“, kdy ukazatel nižší jednotkové úrovně spojuje územní záznam první díry. První záznam díry jej spojuje s jeho ukazatelem pro tutéž jednotkovou úroveň příští díry atd. Všechny stejné úrovně jednotky jsou spojeny kruhovou strukturou a též zpětně s jednotkou vyšší úrovně. Tento systém je analogicky aplikovatelný pro nižší polygonové struktury. Rozmanité typy územních jednotek mohou být polygonovými soubory vzájemně nezávislémi. Může být výhodné udržovat identické typy záznamů společně (obr. 39). Můžeme očekávat, že stejné záznamové typy budou mít stejnou délku, takže územní jednotky mohou být přímo adresovány.



Obr. 39. Členění plošného souboru (podle Brassela 1978)



Obr. 40. Přehled souborů a typů ukazatele (podle Brassela 1978)

Obr. 40 ukazuje vcelku tři paměti a rozdílné struktury ukazatele. Thiessenův ukazatel na souseda umožňuje odkaz mezi záznamy uzlů v paměti vyznačené na několika hierarchických úrovních. Topologické odkazy jednoho uzlu na druhý uzel umožňují ukazatelé uzlu vůči liniovému záznamu a zpět k jinému uzlu na vzdálenějším konci zmíněné linie. Nezbytní jsou též ukazatelé k sousedním územím.

Spojení mezi územní pamětí a odkazovým systémem na sousedy (Thiessenovi ukazatelé) je zachován odkazem v každém územním záznamu s územními jednotkovými středovými body v uzlové paměti. Uzlový záznam středového bodu zahrnuje zpětný ukazatel vůči územní paměti jako speciální vlastnost. Konečně hierarchické vzájemné vztahy mezi územními jednotkami jsou uloženy pomocí tří hierarchických ukazatelů do územní paměti.

#### *TCB struktura*

Další možnou datovou strukturu popisuje Merill, 1973. Autor hovoří o tzv. TCB (tightly closed boundary) struktuře. V této organizaci jsou všechny údaje o souřadnicích hranic oblastí rozčleněny a přiděleny do souborů tak, že každý soubor obsahuje pouze body, které mají tutéž *y*-souřadnici. Tato organizace byla použita ke znázornění izochar a v některých aplikacích, které využívají informačního systému popsaného autorem.

Požadavky uživatele na konkrétní GIS, přístup uživatele k implementovanému GISu na daných technických a programových prostředcích výpočetní techniky a řada dalších faktorů podmiňují výběr vhodné datové struktury v paměti natolik, že obecně nelze doporučit ani zahrnout konkrétní z uvedených struktur.

### 5.3.4 OCHRANA GEOGRAFICKÝCH DAT INFORMAČNÍHO SYSTÉMU

Nedílnou součástí projekčních prací je stanovení způsobu ochrany dat před zneužitím a ztrátou a promítnutí zvoleného způsobu ochrany do projektu. Je nepřipustné zanedbat systém ochrany dat v projektu a spolehnout se na to, že tato opatření provedou programátoři nebo dokonce provozní pracovníci, protože funkčně sebelepší projekt, který se v provozu projeví jako nespolehlivý, je špatný a pro uživatele nepoužitelný. Analytik odpovídá i za provozní spolehlivost řešení. Některé způsoby nebo systémy ochrany dat jsou investičně náročné, některé způsoby zase zvyšují v provozu spotřebu strojového času, a tím i provozní náklady, přičemž zvýšená spotřeba strojového času může ovlivnit výběr nevhodnější varianty struktury základny dat při časové analýze, což je povinností systémového analytika. Některé způsoby ochrany dat ovlivňují jak strukturu základny dat, tak i algoritmy.

#### *Ochrana dat před zneužitím*

Počítač může obsahovat ve svých pamětech tajná nebo důvěrná data hospodářského nebo vojenského charakteru, která jsou v rámci geografického informačního systému používána ke zpracování do výstupních informací se stejným, nižším nebo vyšším stupněm utajení. Úkolem projektanta je navrhnout již ve fázi projektování taková opatření, aby nepovolané osoby neměly přístup k výstupním informacím ani k datům uloženým ve vnějších pamětech. Obvykle se provedou následující opatření:



1. Omezí se přístup k výsledkům z počítače a k vlastnímu počítači jen na vybrané a spolehlivé osoby.

2. Přístup k datům je umožněn pouze uživatelům, kteří znají tzv. klíč (jistý volací kód). Tento klíč uživateli umožňuje přístup pouze k jeho údajům (resp. souborům dat), ostatní data (resp. soubory) mu mohou být nepřístupná.

Aby se zvýšila účinnost utajení, mohou být data v pamětech počítače zakódována, takže cizí osoba, která není oprávněna k přístupu k datům, obdrží zakódovaný a nesrozumitelný text v případě, že se jí nějakým způsobem podařilo získat data.

### *Ochrana dat před zničením a ztrátou*

Při provozu se v systému mohou vyskytnout z různých příčin závady, které snižují jeho spolehlivost. Podle charakteru a příčiny závady se mohou projevat jako přerušení výpočtu, nemožnost pokračovat ve zpracování, chyby ve výstupních informacích atd. Příčinou závad mohou být chyby ve vstupních datech, chyby v obsluze počítače, chyby v programu, závady v operačním systému a základním programovém vybavení počítače, závady a poruchy technického zařízení a paměťových médií. Odstranění závad má následující fáze. Indikace chyby — zjištění, že chyba nastala. Tato fáze je pro obnovení plně funkční způsobilosti systému rozhodující. Patří však také k nejobtížnějším a je často vázána na lidský faktor. Není výjimkou, že se chyba ve výstupních informacích, pokud není nápadná, opakuje v mnoha výpočtech po dlouhou dobu, než dojde dodatečně a někdy i nepřímo k jejímu zjištění. Lokalizace chyby — zjištění oblasti, kde došlo k chybě (vnější paměť, závada ve zpracování, operování atd.) a ve které oblasti zdroj chyby je. Určení chyby — příčina chyby obecně není totožná se zdrojem, v němž je chyba zjištěna. Zdroj může být jen následkem příčiny, která leží ve zcela jiné oblasti. Např. skutečnou příčinou chyby v datech zjištěné na externí paměti může být závada v programu, ve výstupních datech atd. Prevencí výskytu dalších chyb je odstranění skutečné příčiny závady. Odstranění chyby — dodatečné odstraňování závad se děje vždy na úkor pohotovosti systému, je obtížné a často i pracné. Prevence závad tyto nedostatky nemá. Má však svá ekonomická omezení. Zvyšování spolehlivosti má všeobecně za následek progresivní růst nákladů nebo pracnosti a to i v případě prevence. I při sebedokonalejší prevenci však nelze vyloučit vznik závad, klesá pouze jejich počet a pravděpodobnost vzniku. V praxi se proto kombinují oba způsoby, tj. prevence i následné odstraňování chyb.

### *Zajištění ochrany dat v projektech*

Některá preventivní opatření na ochranu dat před ztrátou nebo zničením a některé další způsoby dodatečného odstranění závad v datech lze provádět v rámci organizace provozních prací. Jde zejména o systém vstupních a výstupních kontrol, způsob testování, kontrolní provoz atd. Organizačními opatřeními mimo projekt lze ovlivnit způsob preventivní údržby počítače, metodiku řízení a pracovních postupů analytiků, pro-

gramátorů a operátorů a způsob přejímání a testování operačního systému.

Celá řada opatření však musí být zahrnuta již do technického řešení projektu GISu. Mezi obvyklé *způsoby ochrany dat* technického rázu patří zejména:

### 1. Účinné logické kontroly vstupních dat počítačem

Vstupní data lze kontrolovat z hlediska formální úplnosti, formální a logické správnosti např. přípustnými rozsahy klíčů, srovnáváním klíčů s tabulkou existujících klíčů, kontrolou indikací a sekundárních klíčů v logickém vztahu k primárním klíčům atd. Kontrola hodnotových údajů je obtížnější, v příznivých případech je možné kontrolovat přípustné rozsahy.

Zvláště účinné jsou logické kontroly zařízení pro přípravu dat. Jako konkrétní příklad zařízení se zabudovanou logickou kontrolou lze uvést disketový systém CONSUL 2711 až 2713, který je v resortu ministerstva školství v současné době nasazován do řady výpočetních středisek a který zřejmě brzy bude běžnou součástí geografických informačních systémů implementovaných ve vysokoškolském prostředí.

Proběhne-li logická kontrola na zařízení, které zajišťuje sběr dat, vlastní zpracování na počítači pak již probíhá plynule, bez přerušení. Logické kontroly jsou velmi užitečné, protože jako jedna z mála v současné době používaných metod indikují a identifikují chybu ve vstupních datech rychle, aniž dojde k zatížení provozu počítače.

### 2. Správné členění programů

Tvorba programových modulů, které jsou relativně samostatné a zabudování záchytných bodů do rozsáhlých programů, které urychlují lokalizaci a odstranění příčiny chyby způsobené programem.

### 3. Aktualizace základny dat

Při aktualizaci základny dat se zaznamenává starý stav. Věta se před aktualizací запиše na vyhrazené médium do záložního souboru (se sekvenční orgnizací) a aktualizovaná věta se запиše na původní místo v příslušném souboru. Záložní soubor pak představuje starý stav vždy před poslední aktualizací dávkou dat. K jeho získání nepotřebujeme zvláštní chod jako při pořizování kopií obvyklým způsobem. Rekonstrukce nového stavu ze záložního souboru je poměrně snadná, je však nutno pro ni předem vypracovat programy.

### 4. Periodické pořizování bezpečnostních kopií souborů a aktualizáčních dat

Protože indikace chyby může být opožděná, doporučuje se uchovávat více generací kopií.

Při rozsáhlém narušení uložených dat se z kopie poslední generace (popř. z předchozích) a z archivovaných kopií příslušných aktualizáčních dávek vygeneruje poslední stav dat jednoho nebo více souborů. Tato metoda je vhodná při velkém výskytu chyb nebo při úplném zničení

média s daty. Je náročná na spotřebu strojového času (kopie se pořizují poměrně často a snižuje efektivnost provozu systému).

Další dva způsoby ochrany dat jsou — z hlediska reálných možností uživatele (a často i provozovatele počítače) z části teoretické, uvádíme je však pro úplnost.

#### 5. Zdvojení periferních zařízení a pamětových médií

Tímto způsobem zajišťujeme použitelnost uložených dat a pokračování provozu systému i při poruše jednoho periferního zařízení nebo zničení jednoho z médií. Stále aktuální kopie uložených dat vzniká na druhém médiu při běžném provozu, pro její získání tedy není třeba zvláštního chodu. Z provozního hlediska je tento způsob časově úsporný, vyžaduje však rozsáhlejší vybavení technickým zařízením.

#### 6. Zálohované zpracování úkolů uživatele na náhradním počítači

Tento způsob (víceméně organizačního charakteru) ochrany dat lze nejčastěji použít mezi výzkumnými, školskými a jinými organizacemi nevýrobního charakteru, mezi nimiž bývají často uzavřeny dohody o výpomoci při zpracování požadavků uživatelů v případě výpadku jednoho z počítačů.

## 5.4 PODSYSTEM VYHLEDÁVÁNÍ A ANALÝZY DAT

Zahrnuje vlastní operace prováděné počítačem nad geografickými daty v informačním systému. Mezi nejdůležitější operace, které můžeme zahrnout do tohoto podsystemu, patří zejména operace, které zabezpečují výběr a uložení dat z (a do) paměti, a dále všechny analytické operace, s nimiž se setkáme při obecném řešení problému.

Mezi nejtypičtější operace, s nimiž se setkáváme prakticky u každého geografického informačního systému jenž je implementován na počítači, patří:

1. Vyhledávání dat v paměti.
2. Stanovení velikosti jednotlivých sledovaných oblastí.
3. Provedení logických operací nad konkrétními údaji územních jednotek sledované oblasti.
4. Statistické výpočty.
5. Speciální matematické výpočty s daty podle požadavků uživatele.

ad 1. Vyhledávání dat v paměti je samozřejmě velmi těsně spjata s otázkou organizace dat v pamětech (ať již vnějších či vnitřní) počítače. Výběr metod vyhledávání dat (a následného uložení po zpracování) proto také závisí na způsobu organizace dat v pamětech počítače (blíže viz kapitola 5.3).

ad 2. Problém stanovení velikosti jednotlivých sledovaných oblastí je z hlediska uživatele řešen daleko snadněji než z hlediska programátora. Pokud chceme umožnit uživateli pružné změny na velikosti sledovaných územních jednotek, musíme odpovídajícím způsobem zajistit změnu číselných charakteristik. Změna velikosti sledované územní jednotky směrem nahoru musí být spojena s výpočtem nového údaje. Tento nový údaj stanovíme z několika hodnot sledované charakteristiky, které reprezentovaly menší celky. Je samozřejmé, že se nový údaj vždy nemusí počítat jako průměrná hodnota z hodnot, které reprezentovaly menší územní jednotky.

ad 3. Provedení logických operací nad konkrétními údaji územních jednotek sledované oblasti patří mezi nejtypičtější operace, které provádí uživatel v geografickém informačním systému. Jedná se obvykle o logickou operaci průnik (disjunkce) a sjednocení (konjunkce). Operaci průnik obvykle použije uživatel, když se zajímá, zda u jednotlivých územních jednotek jsou určité (dvě nebo více) shodné charakteristiky.

ad 4. Statistické výpočty jsou uživateli umožněny prostřednictvím standardních podprogramů počítače nebo speciálními programy, které jsou programátory tvořeny na základě požadavků geografů a do jisté míry i ve spolupráci s nimi. Příklad speciálního programu, který byl programátorem vytvořen ve spolupráci s uživatelem, je uveden v příloze č. 3. Program umožňuje stanovit korelaci závislosti hodnot potenciální eroze půdy a úhlu sklonu svahu.

ad 5. Po popisu poslední skupiny operací, která shrnuje matematické výpočty s geografickými daty dle požadavků uživatele, je třeba uvést zejména první pokusy o tvorbu konkrétních geografických modelů na počítačích. Obecně lze říci, že modelování na počítači složitějších geografických problémů patří mezi obtížné činnosti uživatele počítače, vyžaduje určitý (a relativně vysoký) stupeň schopnosti správně aplikovat existující matematický aparát na konkrétní geografický problém.

V této části jsme v hrubých rysech popsali podsystém vyhledávání a analýzy dat. Konkrétně a detailně se s uvedeným podsystémem blíže seznámíme v části věnované implementaci geografického informačního systému na počítači EC 1033 Ústavu výpočetní techniky UJEP v Brně.

## **5.5 PODSYSTÉM VÝSTUPU INFORMACÍ**

Tento podsystém zajišťuje návaznost s informačním uživatelským podsystémem.

### **5.5.1 METODY PŘÍPRAVY DAT PRO VÝSTUP**

Jednou z nejracionálnějších metod přípravy dat v rámci podsystému výstupu informací je matematicko-kartografické modelování. Jednou z myšlenkových aktivit zvláště významných v přírodních vědách obecně

a v geografii a kartografii zvláště, je reprezentace přírodního systému *modelem*.

Vědeckým modelováním rozumíme takovou zprostředkovanou metodu vědeckého poznání, s jejíž pomocí se získávají nové znalosti o předmětu poznání prostřednictvím výzkumu druhého předmětu, který je vůči předmětu poznání ve vztahu podobnosti. V takovém vztahu je předmět poznání originálem a předmět jemu podobný, v určitém slova smyslu jeho náhrada, se nazývá model. Dialektický proces modelování spočívá v přechodu od složité a mnohostranné skutečnosti k jejímu schématu — modelu, v němž je sice vyjádření reality neúplné, ale jsou zdůrazněny základní vztahy, hlavní procesy a objasňuje se „mechanismus“ vývoje. Získané poznatky o realitě dovolují pak sestavení nového, dokonalejšího modelu jako prostředku dalšího poznání skutečnosti. V tomto smyslu je modelování cyklickým, opakujícím se dějem, v němž každý dosažený stupeň poznání objektu je úplnější, než předchozí.

Mapy jsou tradičně jedním z hlavních prostředků poznání v geografii a v posledních letech i v řadě přírodních věd. Přispívá k tomu jak aplikace výsledků jiných vědních oborů v kartografii, jako matematiky, kybernetiky či DPZ, tak především skutečnost, že se kartografie stává uznávanou obecně vědeckou metodou. Všechny tyto procesy nacházejí odraz i v rozpracovávání teoretických základů využívání map, které souhrnně označujeme jako kartografické metody výzkumu.

Charakteristickým rysem současné geografie je kombinace kartografického a jiné formy modelování. V literatuře např. Berlant, Serbenjuk, Tikunov (1980) specifikují druhy jednotlivých kombinací jako teoreticko-kartografické modelování, experimentálně-kartografické modelování, spojení DPZ a kartografického modelování apod.

Výsledky všech uvedených přístupů jsou interpretovány pomocí map, zpravidla tematických. Snad nejvýrazněji se v souvislosti se zaváděním výpočetní techniky v geografii prosazuje matematicko-kartografické modelování.

## 5.5.2 MATEMATICKO-KARTOGRAFICKÉ MODELOVÁNÍ

Vznik matematicko-kartografického modelování úzce souvisí se stále se rozšiřujícím uplatněním matematických metod v geografii. Zatímco v období nedávno minulém jsme se s matematikou setkávali jen při kvantifikaci jednoduchých vztahů mezi dvěma, zřídka více geografickými jevy, je v současnosti matematických metod využíváno i pro studium složitých teritoriálních vztahů v krajině. Geografický výzkum a s ním organicky spjatý sběr dat je objektivně a subjektivně složitou procedurou v rámci jednotlivých geografických disciplín i v interpretaci výsledků syntézy poznatků více geografických disciplín. V obou případech se prosazuje tvůrčí spolupráce geografie s matematikou. Matematika umožňuje studium geografických jevů a zákonitostí nezávisle na jejich podstatě a obsahu, vycházejí z dedukcí na axiomatickém základě.

Zařazení matematicko-kartografických modelů ke skupině kartografických modelů uplatňovaných v geografii je podle našeho názoru oprávně-

něné proto, že základním komunikačním prostředkem geografie a kartografie zůstává mapa, což platí i pro interpretaci výsledků výzkumu pomocí matematicko-kartografického modelování. Specifikací matematicko-kartografických modelů se zabývali sovětští geografové Žukov, Serbenjuk, Tikunov (1980), kteří jimi rozumí systémové spojení matematických a kartografických modelů při sestavování nových map a rozšíření oblasti jejich použití pro výzkumné cíle. Úkolem matematických modelů je účelné zpracování výchozí informace, a to analyticky, synteticky nebo komplexně. Matematické modely při aplikaci v geografických úlohách nedávaly vždy nejlepší výsledky, především pro složitost zavádění a formalizaci teritoriálních aspektů. V geografii je pozornost soustředěna na studium teritoriálních aspektů struktury, rozvoje a funkce jevů přírody a společnosti, které se z hlediska matematických modelů jeví jako druhořadé. Pro zvýšení praktického významu matematických modelů je potřebná jejich účelová transformace, která zachová jejich pozitivita a vyřeší problém teritoriální konkrétnosti. Jednou z cest bylo zavádění teritoriálních parametrů do matematických modelů. To je však výhodné pro jednoduché modelování, programově snadno zvládnutelné. Výhodnějším se ukázalo spojení s jinými modely, v našem případě kartografickými, které zabezpečují jednoduché a názorné předávání teritoriálních vlastností jevů, objektů a procesů. Vlastní modelování, v závislosti na složitosti modelového jevu, sestává z řady článků. Každý z nich je tvořen matematickým modelem a mapou. Mapa si i v matematicko-kartografickém modelování uchovává funkci zdroje výchozí informace, na jejímž základě se provádí následné modelování. Mapy zdařile interpretují výsledky matematických výpočtů na průběžných a finálních stadiích matematicko-kartografického modelování a pomáhají odstraňovat nedostatky vzniklé v procesu modelování, či jeho informačním zabezpečení. Realizace naznačených procesů se neobejde bez spolupráce geografického kartografa a geografa-specialisty, při jednodušších úlohách může zkušený geograf zastávat obě úlohy a provádět tematické kartografické modelování pro střednictvím matematicko-kartografických modelů.

Vedle tradiční metody kartografického modelování je při zpracování výsledků využita i výpočetní technika. Byla aplikována při matematicko-kartografickém modelování výsledků v rámci tvorby informačního systému v oblasti počítačové kartografie.

### 5.5.3 FORMY VÝSTUPU

Vyjmenujme si a charakterizujme několik forem výstupu, které se často prolínají a poskytují maximální užitek při vzájemných kombinacích.

#### *Sestavy, textové zprávy*

Jedná se o tisk údajů pomocí tiskárny počítače, které jsou uloženy v paměti počítače a jsou potřebné pro charakteristiku určitého objektu nebo jevu. Příklady použití: charakteristika přírodně-teritoriálního nebo ekonomicko-teritoriálního komplexu, nebo charakteristika přírodních pod-

mínek místa, kde vznikl sesuv (většinou ve spojení s lokalizací a situační kresbou do mapového podkladu velkého měřítka).

### Grafické výstupy

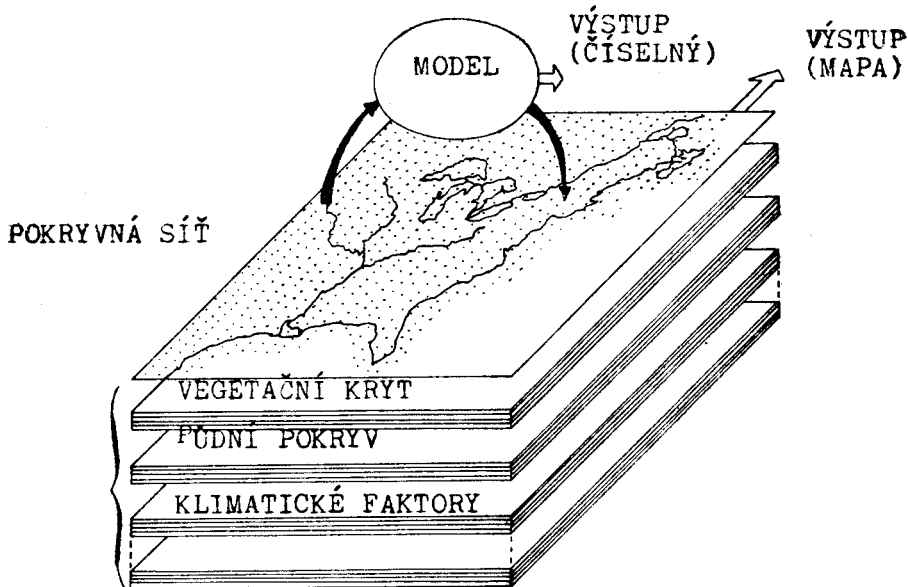
Příkladem jsou především výstupy v podobě grafů, které jsou interpretací rozmanitých statistických výpočtů, například korelace. Jiným příkladem jsou mapové výstupy, a to počítačové mapy, kartogramy, kartodiagramy. Tyto kresby jsou realizovány s pomocí grafických zařízení počítače, zejména digigrafů.

### Číselné výstupy

Tyto výstupy se realizují na tiskárně počítače, a to formou tabulek, vzorců, výpočtů nebo číselných počítačových map (kartogramů), kdy jsou čísla vztažena k určité sběrné síti (bodů, geografických obrazců apod.).

## 5.6 UŽIVATELSKÝ PODSYSTEM

Je částí informačního systému, která je měřítkem jeho dokonalosti a schopnosti řešit složité úkoly. Může nabývat několika forem podle druhu činnosti: 1. úkoly jsou zadávány uživatelem, zpracovány pomocí řešitelské skupiny při informačním systému a výsledky předávány bez účasti zadavatele, 2. řešení úkolů probíhá s částečnou účastí zadavatele s po-



Obř. 41. Syntetické kartografické modelování pomocí výpočetní techniky

