

A creation of DMR consists of several steps: capturing and controlling of input data with the emphasis on a quality and properties of the Regularized Spline with Tension (used interpolation method) – (Tab. 1), a spatial resolution of output rasters and visualization.

The digital model of relief of the Slovak republic with a spatial resolution of 50 meters (DMR50-SK) was created from digitised contours using 137 base topographic maps in scale 1:50 000. The DMR50-SK consists of data files with elevation, exposition and normal curvatures rasters. The examples are given on Obr. 2. The quality of DMR50-SK is expressed by RMSE error, which is within 4.2-5.1 meter range.

Local DMRs (2-20 meters spatial resolution) can be analogically computed using available data sources (topographic maps, fotogrammetric and geodetic measurements).

Applications of DMRs are in natural and technical areas. For example, DMRs can be effectively used in hydrological, geomorphological and climatic applications (Obr. 3), an analysis of telecommunication signal spreading (Obr. 4) or remote sensing applications.

Recenzent: Doc. RNDr. Ján Feranec, CSc.

VÝVOJ DIGITÁLNYCH MODELOV A ICH VYUŽITIE PRI ZOBRAZOVANÍ ENDOKRASOVÝCH FORIEM

Zdenko HOCHMUTH

Abstract

Mapping and picturing of endokarst forms (caves) had profiled into specialised branch of cartography called speleocartography. In our work we give an outline of development of digital models of caves and of newest trends pointing towards their space picturing in both Slovak and international context.

Key words: cave mapping, axonometry, vertical isolines

Úvod

Mapovanie a zobrazovanie endokrasových foriem – jaskýň sa dávnejšie profilovalo na špecializované odvetvie kartografie – speleokartografiu. Jej hlavným špecifikom je skutočnosť, že jaskynné priestory sa nachádzajú pod povrchom a sú zväčša tak zložitého tvaru, že nie je možné ich jednoduchým spôsobom vnímať, ako napr. tvary povrchové, kde napr. letecký snímok prakticky predstavuje mapu. Zobrazujeme nie rovinnú, prípadne zakrivenú plochu, ale skôr akési negatívne „teleso“, kde je možné využiť i poznatky z technického kreslenia a nevyjadrovať sa iba pôdorysom, ale aj pohľadom z obecného smeru (3D) – axonometriou. Mapovanie jaskýň sa približuje problematike banského merania, kde je však akcent položený skôr na presnosť vyžadovanú praxou a tvar priestorov, zväčša pravidelnejší, ako v jaskyniach, nie je tak dôležitý. Pri mapovaní či zameriavaní jaskýň sa využívali špecifické postupy, ich vyhodnocovanie bolo však limitované prácnosťou matematického spracovania. Široké rozšírenie výpočtovej techniky sa prejavilo aj v speleokartografii zrýchlením výpočtov i umožnenie takých manipulácií (hlavne v 3D zobrazení), ktoré doposiaľ boli realizované iba výnimočne.

Doc. RNDr. Zdenko HOCHMUTH, CSc.

Katedra geografie, Prírodovedecká fakulta Univerzity P.J. Šafárika v Košiciach, Jesenná 5, 041 54 Košice

Matematicko – štatistické problémy spracovania meraní

Základom mapy jaskyne je akási „kostra“ jaskyne, realizovaná pomocou zameraných polygónových ťahov. Ich zameranie sa dnes takmer výlučne uskutočňuje pomerne jednoduchými magnetickými prístrojmi (Azimut – kompas), pri meraní sklonu sa využívajú pomôcky založené na gravitačne definovanej zvislici, pričom existuje aj integrovaný prístroj (TOPOFIL) na meranie všetkých 3 údajov v polárnych súradniciach.

Ak realizujeme uzavretý polygónový ťah a vyhodnotíme ho graficky, či výpočtovo, zistíme spravidla, že prvý (1) a posledný bod tohto ťahu miesto toho, aby sa kryli, alebo mali rovnaké súradnice, vykazujú určitú odchýlku. Odchýlka sa prejavuje vo všetkých 3 súradniciach. Odchýlka vzniká v dôsledku chýb pri meraní. Chybu by sme mali eliminovať, čo sa spravidla deje rozpočítaním, rozmiestnením viac – menej rovnomerne na všetky strany ťahu. Tomuto procesu hovoríme vyrovnávanie. Vyrovnávanie napr. metódou rovnakých štvorcov je pomerne zložitý proces, avšak aj v zložitých sieťach sme ho zvládli ešte v 70 – tých rokoch pri využití výpočtovej techniky I. generácie (PATEK P. 1979).

Výstup samozrejme vtedy nebol grafický, išlo o ortogonálne súradnice bodov polygonálnej siete po vyrovnaní. Takéto podklady bolo potrebné ešte ďalej graficky spracovať, čo vnášalo do výsledného produktu viac prvkov subjektivity i vlastná kresličská náročnosť bola odstrašujúca.

Zobrazenie polygónového ťahu

Výsledkom premietnutia a zobrazenia jaskyne na vodorovnú rovinu je pôdorys. Pri premietaní je dôležité pamätať na to, čo vlastne premietame a zobrazujeme. V najjednoduchšom prípade to môže byť meračský bod, ktorý sme schopní na základe merania definovať presne, prípadne úsečka či sieť takýchto úsečiek medzi jednotlivými meračskými bodmi – polygónová sieť.

Rozsiahlejšie jaskyne zväčša predstavujú zložitý priestorový útvar, kde pôdorys nemusí dokonale informovať o konfigurácii jaskyne. Jedná sa najmä o zložené priestorové labyrinty, kde sú viaceré úrovne nad sebou, priepasti sa striedajú so zložito tvarovanými chodbami. Vtedy pôdorys nevyvoláva potrebnú predstavu a je potrebné vyjadrenie výškopisu. Toto môže byť vyjadrené farebne tzv. vrstvami, alebo axonometrickým (3D) zobrazením.

Ak si jaskyňu predstavíme ako negatívny priestorový útvar, je možnosť pohľadu naň z obecného uhlu – teda napr. z nadhľadu a ľubovoľného smeru. Ak nájdeme správny uhol pohľadu, je možnosť vytvoriť taký obraz jaskyne, ktorý spĺňa požiadavky priestorovej predstavy. Samozrejme, že sa zvyčajne jedná o doplnok, ktorý umožňuje lepšie pochopiť detaily pôdorysu, zobrazené v podrobnej mierke.

Ak za axonometrický pohľad považujeme pohľad z určitého smeru a určitého sklonu, potom môžeme za axonometriu považovať tiež zobrazenie premietaním na rovinu, avšak v obecnej polohe (ktorá nie je vodorovná ani zvislá). Táto zobrazovacia rovina sa pretína s rovinou pôdorysu (vodorovnou rovinou) v priamke a uhol medzi kolmicou na ňu a jej priemetom (kolmicou) udáva sklon tejto roviny. Jednoduchšie sa axonometrická rovina vyjadří priemetom všetkých 3 osí (x , y , z) a to najčastejšie tak, že os z ostane zvislá, osi x a y sa zobrazia pod určitými uhlami. V bežnej axonometrii sa zväčša neuvažuje s perspektívou (zbiehania zobrazovacích, resp. premietacích priamok.)

Existujú viaceré metodiky usilujúce sa o priestorové znázornenie jaskyne. V našej literatúre sa problematikou axonometrického zobrazenia zaoberal P. Hipman (1982), od ktorého poznáme i najviac axonometrických zobrazení. Vo svojom príspevku pojednáva i o výpočtovom riešení tohto problému.

Spracovanie polygónového ťahu na PC

V súčasnej dobe takmer každý záujemca o speleokartografiu má prístup k osobnému počítaču. Preto sa objavili rôzne amatérske i poloprofesionálne programy, ktoré celý proces výpočtu a prípadne i zobrazenia riešia s využitím tejto techniky, čím proces veľmi exaktizujú a urýchľujú. Na Slovensku Doc. Ing. P. Patek, CSc., ktorý už začiatkom 70. rokov zvládol počítačové vyrovnávanie v r. 1993-4 predstavil program ABISSO, ktorý vznikol prepísaním vyššie uvedeného programu určeného pre sálové počítače 1. generácie. Program umožňuje axonometrické, 3-rozmerné zobrazenie (3D) na polygónového ťahu na monitore i výstup na tlačiareň. Polygónový ťah či sieť sa zobrazí v obecnej polohe, teda pri pohľade približne z uhla 45° zhora a azimutu 135°. Pomocou kurzorov je možné meniť horizontálne i vertikálne uhol pohľadu a vybrať tak najvhodnejší pohľad i na mimoriadne komplikovanú jaskyňu. Keď do mapy premietneme i vrstevnice, je možné zobraziť dokonca pohľad na povrchový reliéf s jaskyňou, teda vytvoriť blokdiagram. Samozrejme i v tomto prípade sa dá obraz zväčšovať a zmenšovať.

Podobné programy vyvinuli tiež Ing. I. Demovič, Ing. Kleskeň, Ing. T. Ďurka a RNDr. E. Kládva. Treba poznamenať, že sa tak dialo odtrhnuté od vývoja v zahraničí, iba dodatočne sme sa dozvedeli, že tu existoval paralelný vývoj, pričom slovenské programy za svetovým vývojom príliš nezaostávali. Bolo to spôsobené práve explozívnym charakterom zavedenia PC, autori nečakali na zdĺhavé vyjdenie periodík a rýchlo pracovali na nových verziách programov. Až celosvetová sieť Internet zaznamenala dobrý vzájomný kontakt hlavných tvorcov speleokartografických programov a rýchle šírenie najúspešnejších.

Vizualizácia v 2D a 3D zobrazení

Jednoduché zobrazenie polygónového ťahu či už v pôdoryse alebo v 3-D zobrazení alebo bočnom priemete, spĺňa požiadavky vytvorenia priestorovej predstavy o jaskyni iba veľmi približne. Čiastočne to závisí od mierky mapy. Pokiaľ ide o rozsiahle labyrinty, reprezentované často chodbami takmer jednotného prierezu, v mierkach zo speleologického hľadiska malých (napr. 1 : 1000, 1 : 2000), je situácia takmer uspokojivá. Ak sa do 3-D obrazu zavedie vhodná sieť, prípadne axonometricky natočené osi a nápisy, vznikne pomerne dobrá ilúzia 3-rozmerného pohľadu. Situácia je ale horšia vo veľkých mierkach (1 : 200, 1 : 500) a tiež v jaskyniach, ktoré majú duté priestory veľkých rozmerov (dómy). Tu sa žiada vizualizácia aj obrysov jaskyne, prípadne vytvorenie obrazu priestorového telesa. Potrebujeme tu vyjadriť obrys stien jaskyne alebo presnejšie priemet čiary, ktorá predstavuje hranicu medzi jaskyňou (jej vnútrom), výplň jaskyne, prípadne rôzne morfológické tvary a napokon objekty či útvary nachádzajúce sa v jaskyniach. Zobrazenie a premietnutie polygónových bodov a ťahov nepredstavuje zvláštny problém, avšak podrobné vyjadrenie obrysu chodieb jaskyne je práve hlavne vo fázi mapovania. Vytvorenie takéhoto dojmu je možné za použitia tradičných metód – vrstevníc, prípadne tieňovania (rastrov).

Pri axonometrickom zobrazovaní existujú 2 okruhy problémov, ktoré môžu byť poznačené subjektivismom autora:

- a) voľba zobrazovacej roviny, resp. súradnicových osí,
- b) vizualizácia obrysov jaskynných chodieb

Voľba vhodnej zobrazovacej roviny sa dnes rieši pokusným nájdením najvhodnejšej roviny rotáciou v 3 D zobrazení, čo je dnes už zvládnuté vo všetkých novších programoch.

Zobrazením polygónového ťahu síce získame jeho verný priemet na zobrazenú rovinu, avšak zväčša nestačí na vyvolanie správnej priestorovej predstavy. Obrysy stien v pôdoryse sa vyjadrujú jednoducho, je vhodné, ak vnútorná plocha je farebne či rastorove odlíšená (výplň). Pri 3-D zobrazení však sa ukazuje nutnosť zobraziť vhodne obrysy stien či tvary chodieb. Môžeme uvažovať o týchto možnostiach:

1. Manuálna kresličská vyjadrenie priestoru.

Tu vstupuje subjektívny moment kresličskej priestorovej predstavivosti a schopnosti kresličsky ju znázorniť. P. Hipman používa „vertikálne vrstevnice“ – t.j. husto za sebou idúce priečne prierezy v príslušnom priestorovom skreslení, ktorými sa dobre dajú znázorniť zákruty chodieb, prípadne ich priečny profil. U priepastí sú to zas vrstevnice, resp. rezy vodorovné. Polygonálnymi čiarami sa dajú znázorniť dómy. V zahraničí sme sa stretli i s tieňovaním (Dobrila – Marbach – Techniques de la speleologie alpine).

2. Schematická vizualizácia rovinnými plochami

Jaskynný priestor je možné schematicky rozložiť aj do rovinných plôch, a ich vizualizácia sa realizuje vizualizáciou hrán, prípadne farbením vnútra. Ak použijeme „typický prierez – napríklad trojuholník, štvorec či päťuholník, ktorého parametre (šírka a výška chodby) sa menia na jednotlivých bodoch polygónového ťahu, je tu možnosť vyjadriť zjednodušene priestorovú konfiguráciu jaskynných chodieb.

3. Používanie „vertikálnych vrstevníc je tiež možné, je tu možnosť konštruovať prierezy jaskyne v tvare elipsy s parametrami odvodenými od výšky a šírky chodby, ovšem skutočné zosnímanie vertikálnych vrstevníc je v jaskyni síce možné, avšak doposiaľ sme sa nestretli s jeho využitím v programoch.

Prehľad vybraných speleokartografických programov

Dnes používané programy na znázornenie jaskynných priestorov (SLUKA, M., 1997) môžeme približne klasifikovať do týchto kategórií:

- Prvá generácia: spracovanie po sebe idúcich zámer
- Druhá generácia: postupné spracovávanie uzavretých ťahov
- Tretia generácia: súčasné spracovanie uzavretých ťahov
- Štvrtá generácia: akceptuje údaje v akomkoľvek poradí

ABISSO, 5v. autor P. Patek. Jednoduchý, na Slovensku najviac rozšírený program s editorom a manuálom v slovenčine, druhá generácia, možnosť rotácie okolo zvislej osi a zmeny výškového uhla. Priebežné číslovanie bodov na jednej strane núti k systematickej práci, čiastočne však spôsobuje problémy napr. pri tímovej práci.

TJIKPR, program jaskyniarov zo skupiny B. Bystrica P. Budaja a S. Mudráka. Ide o program tretej generácie s vizualizáciou tvaru chodieb podľa vybraných profilov (na celú jaskyňu). Editor v slovenčine. Možnosť importu údajov z editora programu ABISSO.

CavePlot 3.30 Program na mapovanie jaskýň pre Macintosh napísaný D. Heronom. Štvrtá generácia, s HPHD (veľkosť profilov na meračských bodoch) a schematickým vykreslením stien. Možnosť farebného zobrazenia hĺbky. Možnosť znázornenia povrchu. Atribúty bodov, informácia o bodoch na kliknutie myšou, rad možností importov a exportov.

CMAP je ovládaný pomocou príkazov. Tretia generácia. Veľmi všestranný vstupný formát. Možnosť editácie aj v dátovom editore. Nový zobrazovací modul poskytuje dobrú vizualizáciu.

Compass je program 2. až 3. generácie (uzatvára okruhy postupne, ale uzatvára najlepšie najskôr). Má možnosť priradiť bodom GIS dáta. Pracuje i na starších počítačoch (napr. laptopy) a je schopný spracovať jaskyne ľubovoľnej dĺžky. Je doplnený radom pomocných programov pre import dát z iných formátov. Umožňuje umiestniť bitmapový obrázok ako podklad mapy.

Karst. Program so snád' najviac intuitívnym editorom dát. Štvrtá generácia (používa zvláštny program pre uzatváranie slučiek). Má veľmi dobrú grafiku (256 farieb na SVGA) s dobre vyriešeným farebným odlíšením častí meraní.

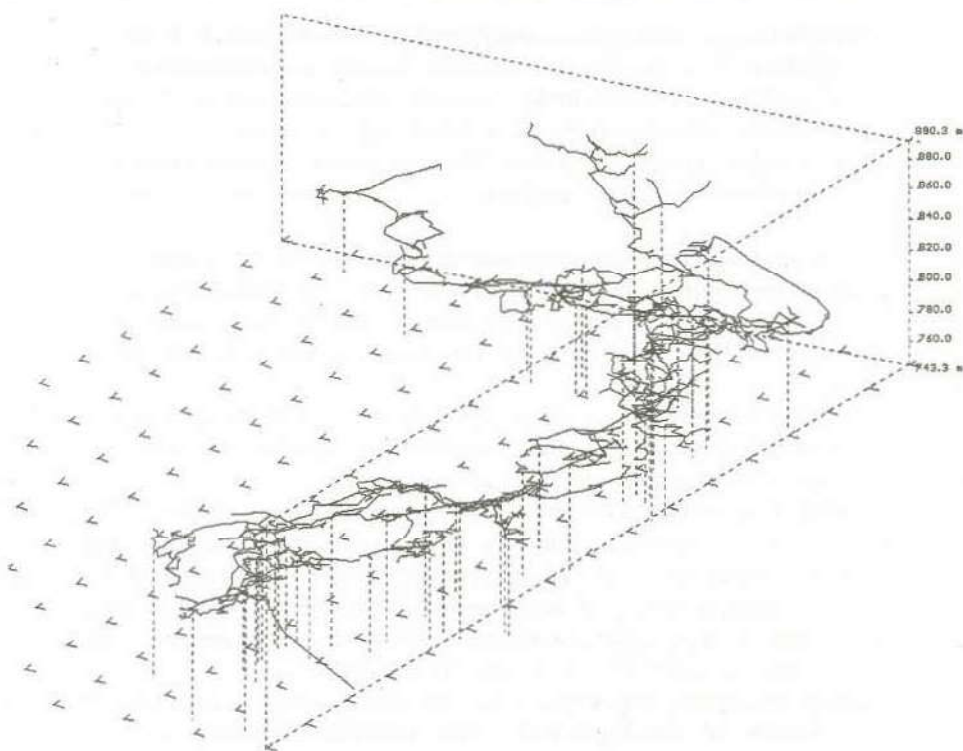
WinKARST. Totálne riešenie mapovacieho programu od G. Petrie. Editor je v DOSe, ale prehliadač jaskýň využíva prostredie Windows. Môže otvoriť ľubovoľný počet jaskýň, s viacerými oknami so zobrazením a zároveň okná pre editáciu dát. Vykresľuje steny, zobrazuje uzavreté ťahy, prvky zámer, hĺbku, atď. Najvýraznejším zlepšením proti verzii 4.0 je schopnosť generovať 3D DFX, Garmin Track a Waypoint exportné súbory. 3D exportné súbory boli úspešne importované do AutoCADu, produktov Corelu a KPT Bryce.

OnStation je zatiaľ jediný program pre mapovanie jaskýň písaný od začiatku ako 32 bitová aplikácia pod Windows95 alebo Windows NT. Môže tiež bežať pod Windows 3.1. s využitím 32 bitových knižníc Win32s. On Station má plne grafický interface a tiež ostatné vlastnosti zodpovedajú použitej technológii. On Station vie rotovať jaskyňou len pomocou myši. Dokáže tiež stereozobrazenie pre stereookuliare.

Toporobot je veľmi profesionálny súbor napísaný M. Hellerom (existuje i verzia doplnená emulátorom pre Windows). Je pravdepodobne najviac pokročilý zo všetkých programov pre mapovanie jaskýň. Je navrhnutý podľa zásad programovania na Mac-I a veľmi ľahko sa používa. Je to samozrejme štvrtá generácia. Vykresľuje veľmi efektívne obrysy jaskyne, vie odstrániť neviditeľné línie, križovanie chodieb a ukončenie chodieb. Má interaktívny editor a informácie o meračskom bode po kliknutí na mape jaskyne myšou. Produkuje hotové mapy jaskýň.

Literatúra:

- BUDAJ, P., MUDRÁK, S. (1998): Počítačový program TJIKPR. Spravodaj SSS č. 4, s. 22-24
 FABRE, G. (1978): Signes speleologiques Conventionnels. Union Internationale de Speleologie, edition CERGA Montpellier, France 1978, 44 s.
 HIPMAN, P. (1982): Názorní zobrazování složitějších jeskynních systémů. Československý kras r. 33, Praha.
 HOCHMUTH, Z. (1995): Endokrasové formy a nové možnosti ich kartografického znázornenia. Zborník z ved. konferencie „Reliéf a integrovaný výskum krajiny“, PdF UPJŠ Prešov, s. 32 – 39.



Obr. 1. Príklad 3-D zobrazenia komplikovanej jaskyne zobrazením polygónových ťahov. Jaskyňa Zlomisk, program ABISSO 5v.

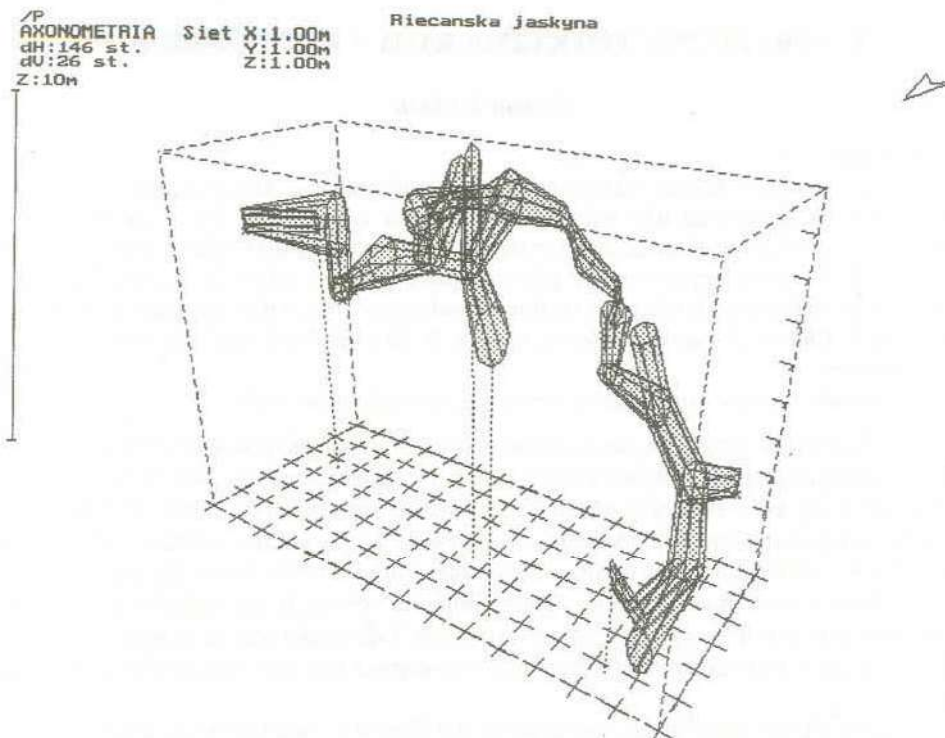
- PATEK, P. (1979): Výpočet a vyrovnanie súradníc polygónových bodov pomocou samočinného počítača. Spravodaj SSS 3/1979, s. 31 – 35.
- PATEK, P. HOCHMUTH, Z. (1995): Jaskyne v hĺbinách bajtov. Spravodaj SSS 2, Lipt. Mikuláš, s. 43 – 49.
- SLUKA M. (1997): Prehľad programov spracovávajúcich zameranie jaskyne. Spravodaj SSS č. 4, s. 13 – 20.

DEVELOPMENT OF DIGITAL MODELS AND THEIR EXPLOITING IN PICTURING ENDOKART FORMS

Zdenko HOCHMUTH

Summary

Simple picturing of the polygon line either in ground plan, 3-D picturing or in side view fulfils the needs of creating caves space imagination just very roughly. It depends on a scale of a map. If the spacious labyrinths often represented by corridors of the same cross-section are considered, picturing of polygon line refers to cave.



Obr. 2. Príklad vizualizácie obrysov jaskyne kombináciou rezov a stien. Riečanská jaskyňa, program T.J.I.K.P.R

If we put into 3-D picture a suitable net or axonomically turned axis and inscriptions, quite good illusion of 3-D picture comes into existence. In a big scale of map (1:200, 1:500), as well as in caves which has big hollow spaces (domes, halls) could be found some problems while picturing. Picturing of cave's contours or creating of space solid body is wanted here. We need to express contour of cave walls or more exact view of line, which introduces the border of cave (its inside), contents of cave, or different morfological forms and finally objects that are to be found inside the cave. Picturing and reflection of polygon points and lines doesn't make a big problem but specific express of outline of cave corridors is hard, especially in the process of mapping. The newest trends lead towards visualisation of contours of the cave space, from manual painting, through expressing by simplified space which is restricted by flat area, or shading towards expressing by the help of vertical contour lines. Development aims towards development of methods of fact monitoring and expressing of so-called hidden spaces or corridor crossing.

Recenzent: Doc. RNDr. Ján Feranec, CSc.