

Anotações ao Controle de Qualidade da Produção Cartográfica Digital

Eugenia Karnaukhova, *UFSC Florianópolis SC*

1. As particularidades do conceito da qualidade do mapa digital
2. Problemática do planejamento
3. Redação do mapa digital
4. Algumas questões práticas de avaliação da qualidade
5. Referencias bibliográficas

Resumo

1. As particularidades do conceito da qualidade do mapa digital

A qualidade do mapa, como sabemos, representa um conjunto de propriedades, que garantem a capacidade do mapa de satisfazer determinadas necessidades dos seus usuários. Avalia-se através de um complexo de indicadores, que caracterizam suas determinadas propriedades, por exemplo: precisão geométrica, exatidão, confiabilidade...etc .

Cada uma das características do mapa, na realidade representa uma propriedade complexa. A *Confiabilidade do mapa*, por exemplo é uma qualidade complexa, que caracteriza a sua capacidade de corresponder às determinadas tarefas desenvolvidas pelo usuário. A confiabilidade depende da *complexidade, veracidade, atualidade, precisão, dos métodos da representação cartográfica selecionados, da qualidade de design do mapa* e outros fatores.

As propriedades distintas dos mapas digitais (MD) condicionam as dificuldades de avaliar a sua qualidade pelo critério dos mapas em papel. Entretanto, o parâmetro central da avaliação da qualidade de qualquer mapa, inclusivamente digital, continua sendo sua precisão, isto é o grau de aproximação do "modelo numérico da área" com a realidade, obviamente, considerando as leis cartográficas de pormenorização da imagem cartográfica dos objetos nos mapas distintas pela escala e conteúdo (generalização).

A dificuldade da definição da qualidade do mapa digital está sobre tudo relacionada com a multiplicidade das suas funções, que freqüentemente colocam o significado das suas propriedades em contradição. De um modo geral, todos os MD são chamados atender dois tipos de tarefas: (1) resolver os problemas simples de informatibilidade através da visualização, aquisição de informação, edição em papel, etc.; (2) atender as necessidades de resolução de problemas de análise espacial e tarefas práticas em SIG. Deste modo, a qualidade do mapa no aspecto da sua informatibilidade as vezes entra em contradição lógica, já que, em primeiro caso, o MD *deve ser idêntico ao mapa em papel* e, no segundo, *deve ser topologicamente correto*. O que como mostra Lachagin (2000) nem sempre é possível conciliar pacificamente. Por exemplo: no mapa em papel a ponte é representada com um sinal convencional específico e a linha de estrada é rompida no local da conexão; para resolução

em SIG do problema de transporte (ou outros) a ponte deve ser descrita como um arco sobreposto à uma linha contínua da estrada - no que a ponte torna-se imperceptível na plotagem. Segundo o mesmo autor a saída nesses casos pode ser encontrada através da criação do arquivo topologicamente correto e o acréscimo de uma camada "cosmética", onde alguns objetos representam-se em convenções tradicionais para plotagem em papel..

Os aspectos dessa natureza tornam a definição da qualidade do MD, como um todo, bastante difícil.

Para um mapa digital a qualidade em muito depende do processo da sua produção: da escolha dos meios técnicos e programativos da sua produção, por um lado, e das próprias técnicas de criação e transformação, por outro.

Entre os fatores que influem na qualidade final do produto cartográfico digital podemos destacar:

- a qualidade e a específica da fonte original;
-
- o planejamento adequado;
-
- o método da sua automação(digitalização manual em mesa ou tela, escanerização, vetorização automática, fotogrametria digital, etc.); se as coordenadas introduzem-se a partir do teclado é importante saber com que precisão estas foram adquiridas;
-
- a precisão dos equipamentos utilizados;
-
- o grau de desenvolvimento e a qualidade do software utilizado;
-
- redação qualificada do produto e eliminação de erros gráficos;
-
- introdução correta de atributos;
-
- *design* adequado;
-
- compilação de metadados do mapa.
-

A análise dos procedimentos tecnológicos na criação dum MD e das razões possíveis de surgimento de erros, constata que o processo da execução do MD tem determinada ordem e inclui uma averiguação constante da qualidade do produto adquirido em cada etapa. O controle da qualidade do mapa como um todo e das suas camadas pode ocupar até 50% do tempo gasto na automação. Entretanto, sem diversos tipos de testes de qualidade é impossível chegar ao um produto cartográfico de boa qualidade. As questões específicas relacionadas com o controle de qualidade do mapa em diversas etapas de automação serão vistas em diante. Contudo, é óbvio que sem a determinação clara e precisa dos objetivos do projeto e do planejamento adequado de todos os procedimentos metodológicos é impossível evitar o desperdício de tempo e dinheiro e atingir a qualidade desejada do produto final.

Problemática do planejamento

A execução, propriamente dita, de qualquer mapa digital deve antecipar-se pela etapa de planejamento do conteúdo e do processo da realização de trabalhos. Realmente, a criação de um mapa digital, assim como do mapa em papel, é um processo bastante complicado e poliestrutural. O planejamento de procedimentos permite desde inicio avaliar corretamente a capacidade laboral e de tempo do processo, as forças e os meios necessários para chegar à um resultado final adequado.

planejamento deve incluir:

1. A escolha adequada da fonte: Esta ligada não somente com o conteúdo e atualidade dos dados e informações que devem ser representados no mapa, mas com opção adequada de pormenoridade de informações que o arquivo digital deve absorver, principalmente se o projeto está vinculado ao mapa concreto com uma determinada escala. A pormenoridade de um mapa, obviamente, depende dos objetivos do seu uso. Não se deve querer criar um mapa único para todas as ocasiões. O uso de mapas de uma seqüência hierárquica de escalas não é menos atual para os mapas digitais do que para os seus análogos em papel. A afirmação – "do que mais pormenorizado é melhor" – para os mapas digitais não serve. O uso de tecnologias computacionais acrescenta o fator de volume do mapa, que este ocupa no disco, da velocidade de trabalho em tempo real no monitor e limitações do campo da tela (Lebedeva & Iluitin, 2000). Por isso a escolha da fonte pode levar a elaboração de uma série de mapas: de gerais para toda região até mais complexos para determinadas áreas-chave. *A pormenoridade excessiva de informações pode refletir-se negativamente na perceptibilidade do mapa, aumentando a quantidade de elementos não importantes e encobrendo os elementos preponderantes.*
- 2.
3. deve ser avaliada a fonte (fontes) do mapa digital, sua condição física (se for a fonte em papel – o grau de deformação); métodos e a precisão da aquisição de dados digitais (se a fonte é numérica); a atualidade da fonte (datas de edição ou da última redação); a existência de informação auxiliar (autores, editores, dados sobre redes de apoio geodésico; dados sobre projeções e base matemática como um todo, etc). A ausência ou avaliação baixa de qualquer dos parâmetros designados pode a partida definir baixa qualidade do produto cartográfico final, que os usuários vão comparar não com a fonte de dados mas com a realidade. O aumento de precisão do mapa ou recorrência para as fontes auxiliares (por exemplo - imagens fotogramétricas) a primeira vista podem complicar o trabalho, porem aumentam a sua rentabilidade e qualidade no final.
- 4.
5. Seleção adequada do método e de meios de automação do mapa, que devem corresponder aos objetivos do projeto e opções de uso final do mapa;
- 6.
7. descrição da seqüência exata de procedimentos, o que previne os passos em falso ou falhos de etapas importantes;
- 8.
9. Depois da definição de fontes deve ser projetado o conteúdo da base eletrônica de dados da respectiva fonte.
- 10.
11. Define-se o volume total de trabalhos e elabora-se um cronograma rígido de execução. Todas as camadas devem passar pela seqüência tecnológica de automação, correção e vinculação com atributos antes da comparação conjunta e *design* final.
- 12.

As tecnologias de criação dos MD desenvolvem-se constantemente, assim como aumenta cada vez mais o grau de aproveitamento prático das potencialidades informativas do produto e em conseqüência a quantidade de funções que o mesmo realiza. Deste modo o conteúdo do conceito da qualidade do mapa digital e/ou eletrônico evolui constantemente. Os mapas digitais produzidos até 1994- 95 (e em alguns casos ainda hoje) não atendem em absoluto ao conceito atual da qualidade e deveriam ter uma distribuição limitada.

Para que o produto cartográfico criado atenda às exigências mínimas de qualidade, hoje conhecida, para além de atualização em avanços tecnológicos devem cumprir-se seguintes princípios básicos do sistema de controle de qualidade (Astakhov, 2000):

1. a obrigatoriedade do controle em todas as etapas de *input* e *output* de informação;
- 2.
3. o autocontrole do operador – correção do trabalho no final do turno;
- 4.
5. a realização do controle em segunda mão, isto é a redação por especialista mais qualificado;
- 6.
7. o controle e aprovação pela subdivisão independente da empresa;
- 8.
9. o grau máximo de execução do controle com os meios de programação;
- 10.
11. a realização do princípio – "vetorização com controle" e redação posterior menor possível;
- 12.
13. o controle contínuo da seqüência correta de execução de fases e etapas do projeto;
- 14.
15. acompanhamento e redação de tecnologias de execução (trabalho em conjunto com conselho de redação);
- 16.
17. a execução precisa de cronograma preestabelecido.
- 18.




Redação do mapa digital

A redação (edição) de um mapa consiste na coordenação técnica e científica da criação de um produto cartográfico em todas as suas etapas desde planejamento até a edição. Assim sendo, representa um processo contínuo de controle de execução e aperfeiçoamento do produto cartográfico.




A redação de um arquivo digital, no sentido restrito da palavra, compreende a identificação e correção de erros, e via regra, constitui o segundo passo na criação de um mapa digital, depois da entrada de dados gráficos.

É praticamente impossível conseguir uma gráfica impecável depois da digitalização ou vetorização, mesmo quando o programa dispõe de funções de correção automática. A tecnologia e os métodos da transformação posterior dos mapas digitais vão definir em muito a qualidade do produto final. Os erros mais comuns que comprometem a qualidade de arquivos são vistos na Tabela 1. A maioria desses erros podem ser identificados com auxílio de programas, se as mesmas permitem construir e preservar as relações topológicas dos objetos. Esta última qualidade representa a mais importante particularidade dos meios de produção dos mapas digitais de alta qualidade. Assim, por exemplo, em ARC/INFO todos os tipos de erros gráficos mencionados na Tabela 1 revelam-se automaticamente. A identificação de rupturas e interseções imperceptíveis com os olhos desarmados, que devem-se à distintas situações e são inevitáveis até na digitalização mais competente, é bastante vantajosa. Porém a eliminação desses erros em regime automático é muito tenebrosa, pois pode afetar a qualidade do produto, já que o programa pode produzir outros erros, eliminação dos quais vai ser mais difícil ainda. A prática dos trabalhos mostra que, mesmo com uso de algoritmos eliminação automática de erros uma parte de trabalhos deve ser executada manualmente.

Tabela 1. Erros Típicos nos Mapas Digitais

DESIGNAÇÃO	RAZÃO DE EXISTÊNCIA	MÉTODO DE DETECÇÃO	Observações:
F A L H A S			
1. <i>perda do objeto</i>	Falta de atenção do operador ou a queda do sistema	Quanto a tecnologia de <i>digitalização</i> : compara-se na luz o original e uma cópia gráfica impressa da digitalização, ou sobreponha-se em tela (com aumento da escala - <i>zoom</i>) com o original escaneizado. Via regra este tipo de erros é inevitável Quanto a tecnologia de vetorização das imagens ou mapas raster: utiliza-se a operação de eliminação (<i>delete</i> ou <i>erase</i>) no arquivo raster dos objetos que já obtiveram de análogo vetorial.	Em tecnologias de vetorização o controle automático disponível nos software comum é suficientemente confiável.
2. <i>aparecimento de objetos em excesso</i>	Via regra pela entrada dupla ou deslocamento casual do objeto		É essencial considerar o planejamento preliminar das operações por níveis de informação, onde é possível estipular o número inicial de objetos por nível e o número de objetos digitalizados (é viável no caso de abrangência espacial limitada), para confirmar a necessidade de identificação mais precisa de erros. No <i>MicroStation</i> a ferramenta <i>Edit-Select by Atribut</i> –possibilita a execução dessa comparação.
3. <i>transposição do objeto para outro nível – erro na transição e relação de dados por nível</i>	Falta de atenção do operador ou a baixa qualidade do material digitalizado		
ERROS GRÁFICOS (MÉTRICOS) DOS DETERMINADOS OBJETOS			
1. <i>formação de nós</i> 	Intercessão ou adesão com os arcos já existentes na ausência de visualização na escala suficientemente grande ou os saltos da mão do operador	Busca de auto-intercessões de arcos com ferramentas do software	É confiável somente a busca com ferramentas do software. O controle confiável em tela é impossível
2. <i>fragmentação do objeto</i> <i>(a) formação dos nós fictícios</i> <i>(b) formação de rompimentos</i>	A seleção errônea dos arcos pelo operador ou a interpretação incorreta da imagem cartográfica	Visualização de todos os pseudo – nós ou nós dependurados com ferramentas do software. 	A eliminação é confiável somente com a eliminação de erros um por um com uso de ferramentas de edição – <i>Modify Element</i> e/ou <i>Create Complex Shape</i>
3. <i>descontiguidade dos contornos contíguos</i>	Erro do operador ou qualidade ruim do material vetorizado	Visualização em tela dos objetos não contíguos 	A eliminação é confiável somente com a eliminação de erros um por um com uso de ferramentas de edição – <i>Modify Element</i> e/ou <i>Create Complex Shape</i>

ERROS MÉTRICOS DE INTERPOSIÇÃO

1. falha de conexão	Característica na digitalização dos originais separados ou ausência de apoio tecnológico – módulos de operação de conexão automática	 <p>Visualização de nos em escala grande (captação de pontos com abertura máxima do zoom) e uso de ferramentas adequadas para eliminação dos erros</p> 	Utilizar apoio tecnológico do programa (conexão automática) ou ferramentas de edição (<i>Modify Element</i>). Quando a criação de layers utilizar aqueles que necessitarão de conexão na qualidade de layers passivos.
2. os objetos sem interseção real interceptam-se			
3. ausência de igualdade entre linhas realmente idênticas	 <p>É comum quando acontece entrada repetida das partes das feições de um objeto complexo, ou com uso de tecnologias defasadas de digitalização</p>	Não permitir a entrada dupla. A tecnologia deve permitir montar os objetos pela união de arcos.	Se os objetos foram montados pela união de arcos (<i>Create Complex Curve</i>) o erro não acontece. As feições confinantes devem ser copiadas para layers e não digitalizados duas vezes.

ERROS COM INTERPOSIÇÃO DE POLÍGONOS EM LAYOUT

<p>1. o polígono da mesma classe é dividido em vários</p> <p>(o aparecimento de objetos menores dentro de polígonos maiores com a mesma cor)</p>	É freqüente para vetorização automática não assistida das imagens raster, quando o programa sub-classifica as pequenas áreas que deveriam ser interpretadas como um todo	Caso os erros dessa natureza estejam abundantes é recomendável a reclassificação e revectorização do arquivo. Se o erro for raro é possível a reedição das feições com ferramenta <i>Create Region</i> sobrepondo-se em tela (com aumento da escala - zoom) com a imagem original georeferenciada (formato tif ou gif)	
2. "submersão" de polígonos em layout	Erro do operador no planejamento e estrutura dos layers	Controle visual do layout em tela e na plotagem experimental. Os polígonos sobrepostos devem reeditar-se com <i>hole</i> (buraco) das feições do polígono menor	
3. submersão dos layers com objetos lineares, pontuais e textos	Erro do operador no planejamento e estrutura dos layers	Controle visual do layout em tela e na plotagem experimental. Para evitar os erros os referidos níveis que deverão ser sobrepostos às informações em polígonos por operações de <i>attachment</i> na sequência correta	

Adaptado com modificações e completado de: Kapralov (2000)

4. Algumas questões práticas de avaliação da qualidade do produto cartográfico digital

A necessidade de ter uma idéia imediata sobre a qualidade do produto gerado ou um mapa em formato digital recebido de qualquer fonte pode ser satisfeita com procedimentos relativamente simples. Destacamos aqui os mais fáceis a serem realizados por iniciantes ou por não profissionais da área (Savochkin & Belenkov,1997; Lebedeva & Iliulin,2000; Lachagin,2000):

1. Para uma avaliação rápida da precisão do mapa digital é necessário *conferir as coordenadas reais dos objetos do mapa*. Para isso devemos, antes de mais nada, conferir as coordenadas nos cantos do mapa. Via regra, nesses pontos as coordenadas devem ter significados inteiros em metros (quilômetros ou graus, etc.), dependentemente da escala e do tipo do mapa. se um dos cantos do mapa apresenta amarração errada, então existe uma grande probabilidade de todos os objetos do mapa terem as coordenadas com a deslocação na mesma proporção(erro sistemático). Analisando os significados das coordenadas nos referidos pontos, assim como nas intercessões da malha, é possível adquirir um quadro bastante completo de deformações do produto e avaliar as possibilidade da sua utilização ou correção com auxílio de procedimentos específicos. Com isso, deve-se observar, que a *leitura de coordenadas deve ser sempre feita em tela com o zoom maior possível com auxílio de ferramentas de captura do ponto*, para garantir a exatidão da medição realizada. As divergências de coordenadas não devem exceder a precisão prevista pela norma prevista para os mapas em papel (esta precisão deve ser discriminada pelo fornecedor do mapa em função do escala do projeto da restituição).
2. Considerando que a maioria das tarefas realizadas com uso do mapas digitais fundamenta-se sobre a leitura e/ou processamento de dados do relevo da área é obvia a necessidade de considerar a qualidade destes. É possível uma grande variedade de erros vinculados com a digitalização não exata de curvas de nível e com a atribuição dos significados do valor Z. A averiguação rápida pode ser feita com vários métodos, por exemplo:
3. confirmar o valor Z atribuído às curvas mestras e intermediárias em diversos locais aleatórios do mapa, as variações não devem exceder as normas;
4. aleatoriamente construir perfis ao longo das curvas de nível, que interceptam as partes mais características da área e realizar a sua avaliação visual. é indispensável prestar atenção às possíveis "trocas" em pontos de intercepção com a hidrográfica, ravinas, colinas, etc. Não deve haver sobressaltos na intercessão das folhas do mapa;
5. a imagem geral da qualidade da representação do relevo pode-se visualizar através da construção de um modelo 3-D simples e sua visualização em janela alternativa. A presença de picos e buracos identifica erros na digitalização.
6. Alguns objetos poligonais podem ter limites internos, por exemplo lago ou clareira dentro de uma área florestal. Se o limite interno não for digitalizado no mesmo nível e não for integrado com ferramentas de edição ao mesmo objeto de representação, então a área da floresta não poderá ser calculada com precisão e avaliação das propriedades da área não poderá ser conclusiva. para avaliação visual deste tipo de defeitos é necessário averiguar as partes relevantes do mapa através da sua observação em tela com exposição de distintos níveis. Os problemas assim identificados devem ser protocolados e submetidos à correção.
7. Inúmeros dos objetos dos mapas topográficos podem ter representação seqüencial em várias folhas vis conexão lógica e física (estradas, rios, relevo, cidades). É indispensável que referidos objetos interceptam os limites das folhas num ponto único e têm mesmos atributos gráficos. A averiguação do cumprimento desta exigência realiza-se em áreas amostrais aleatórias.

Estes cuidados simples e práticos permitem não só avaliar a qualidade dos produtos de origem desconhecida e evitar o uso dos mapas digitais de qualidade duvidosa, como também detectar a tempo e controlar a qualidade da digitalização no desenrolar dos trabalhos. Para finalizar gostaríamos sublinhar mais uma vez que os cuidados com a qualidade da produção devem ser sistemáticos e constantes.

5. Referencias bibliográficas

- Astakhov S. I. *Controle de qualidade dos mapas digitais e eletrônicos nos serviços de topográfica do Exército da Federação Russa*, In: Boletim Informativo 2 (9) 1997, em russo, online,
- URL : http://ru/text/inftech/geoinft/HTM/97_2/digitkart/cifr4_k.html, Acessado em 25/09/00
- Kapralov E.G. *Erros típicos dos mapas digitais*, In: GIS –Bullitim.(3) 2000, em russo, online,
- URL: http://www.gisa.ru/cifr6_k.html. Acessado em 03/10/00
- Kravchenko Y.A., Chepkasov A. F. *Cartografia digital*, In: Boletim Informativo 2 (9) 1997, em russo, online,
- URL: http://ru/text/inftech/geoinft/HTM/97_3/digitkart/st01.html, Acessado em 25/09/00
-
- Lachagin A. V. *Algumas complementações e observações para o artigo do Yarovikh V. B. " Problemas da qualidade dos mapas digitais"*, In: Boletim Informativo 2 (9) 1997, em russo, online,
- URL: http://ru/text/inftech/geoinft/HTM/97_2/digitkart/cifr7_k.html, Acessado em 25/09/00
-
- Lebedeva N. Y., Iliulin I.A. *Criação de mapas digitais com qualidade*, In: Boletim Informativo 2 (9) 1997, online, em russo,
- URL: http://ru/text/inftech/geoinft/HTM/97_2/digitkart/st04.html, Acessado em 25/09/00
-
- Savochkin V.N., Belenkov O. V. *Algumas questões de qualidade dos mapas digitais*, In: Boletim Informativo 2 (9) 1997, em russo, online,
- URL: http://ru/text/inftech/geoinft/HTM/97_3/cifr5_k.html, Acessado em 25/09/00
-

Autora Eugenia Karnaukhova, Geogr., M.Eng.
Doutoranda
Universidade Federal de Santa Catarina
CTC - Depto. de Eng. Civil - Lab.FSG
88040-900 Florianópolis SC - Brasil
✉ genikar@bol.com.br