

TRATAMENTO DE DADOS PARA GESTÃO AMBIENTAL DE REDES DE ESGOTO*

DATA PROCESSING FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF SEWAGE NETWORK

TRATAMIENTO DE DATOS PARA GESTIÓN AMBIENTAL DE RED DE ALCANTARILLADO

Thomas Bonierbale
Katia Laffréchine
Denis Morand
Youssef Diab

Resumo: Este artigo trata da questão de bases de dados, de sistemas de informações geográficas (SIG) e da sua utilidade para ajudar na gestão ambiental das redes de esgoto de municípios de médio porte. Embora os SIG se generalizem nestes municípios, seu uso como ferramenta de ajuda à decisão permanece limitado. Duas das principais razões consistem na dispersão e na imperfeição dos dados. No quadro de um projeto financiado pelo Ministério Francês da Pesquisa, vários elementos de metodologia foram desenvolvidos a fim de construir uma estratégia de capitalização da informação. A adaptação do modelo de dados para avaliar o perfil ambiental das redes de esgoto e o tratamento das imperfeições nas bases de dados serão apresentados.

Palavras-chave : Redes de esgoto. Base de dados. Imperfeição de dados. Gestão ambiental.

Abstract: This paper deals with databases and Geographic Information System (GIS) and their use to help in environmental management of sewer systems in medium sized cities. Even though GIS are generalised in those cities, their use as decision aid tools is restricted. The two main reasons are due to the dispersion and the imperfection of data. Within the ambit of a project funded by the French research ministry, several elements of methodology were developed in order to elaborate a strategy of information collection. The adaptation of the data model in order to assess the environmental profile of sewer systems and the treatment of imperfections in database will be presented.

Keywords: Sewer system. Database. Imperfection of data. Data model.

Resumen: Este artículo aborda la cuestión de las bases de datos de los sistemas de información geográfica (SIG) y como utilizarlos para ayudar en la gestión medioambiental de las redes de alcantarillado en provincias menos desarrolladas. Aunque los SIG se generalizan en estos ámbitos, los utilizan como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, lo que sigue siendo limitado. Dos razones principales son la dispersión y la imperfección de los datos. En virtud de un proyecto financiado por el Ministerio francés de investigación, varios elementos de la metodología fueron desarrollados con el fin de construir una estrategia para aprovechar la información. Serán presentados la adaptación de molde de datos para evaluar el perfil ambiental de las redes de alcantarillado y tratamiento de las imperfecciones en las bases de datos.

Palabras-clave: Redes de alcantarillado. Bases de datos. Imperfección de datos. Molde de datos.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de informações geográficas (SIG) são cada vez mais utilizados para melhorar a tomada de decisão de atividades relacionadas à gestão das redes urbanas. Em 2005, 68%¹ dos municípios franceses de médio porte implementaram um SIG (F.M.V.M., 2005). Diversas camadas são concebíveis: rede de distribuição de água, rede de esgoto, cadastro, população,...

Cidades grandes, geralmente possuem sua própria ferramenta de gestão de redes subter-

râneas (FENNER, 2000; CHRISTODOULOU *et al.*, 2009; HAFAWY, 2010). Os SIG podem ajudar na gestão de dados de fontes diversas e heterogêneas para concretizar projetos de manutenção, de reabilitação ou de extensão de rede. Ao mesmo tempo, o uso dos SIG como ferramenta de ajuda à decisão permanece limitado e ainda muito pouco considerado nos municípios de médio porte.

De um lado a implantação de indicadores pertinentes e a formalização do trabalho de perícia nos SIG dos serviços municipais permitiriam a valorização dos dados disponíveis e a evidência de dados úteis.

De outro lado, os SIG nos municípios de médio porte são pouco eficientes, pois as prefeituras não têm sempre estratégias e meios de capitalização de dados. Quando os planejadores, os engenheiros ou os técnicos têm acesso aos

* Esse projeto foi realizado em parceria com os serviços técnicos do município de Noisy-le-Grand (Seine Saint Denis) e foi financiado pelo Ministério Francês da Pesquisa. Artigo recebido em março 2010. Aprovado em julho 2010.

dados, estes são caracterizados por sua diversidade, sua incompletude, sua incerteza e sua imprecisão, o que não ajuda a tomar decisões.

Este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa que trata do perfil ambiental de rede de esgotos de municípios de médio porte na França. O objetivo geral do projeto era adaptar o modelo de dados atual para oferecer às cidades uma ferramenta eficiente, permitindo organizar o conhecimento da rede de esgoto e avaliar indicadores de disfuncionamentos e seus impactos sobre o meio ambiente.

2 CONTEXTO DO ESTUDO

O contexto desta pesquisa é o dos municípios de médio porte na França. O Instituto Nacional de Estatísticas e Estudos Econômicos (INSEE), numa abordagem de estatísticas descritivas da população, estabelece os limites dos municípios de médio porte entre 10 000 e 200 000 habitantes. Estes municípios não representam um grande número de municípios (913 sobre 36.681 municípios no total), mas representam 40,5 % da população. Além disso, em termos de gestão das informações, tais municípios são caracterizados por:

- meios financeiros limitados,
- estrutura pouca informatizada,
- subcontratação das obras de manutenção,
- dispersão da informação sem capitalização.

Numa primeira fase, a pesquisa propôs um painel de indicadores de impactos dos disfuncionamentos das redes de esgoto sobre o meio ambiente. Estes indicadores foram formalizados em duas escalas: o trecho e o ramo (LAFFRÉCHINE et al., 2005).

A segunda fase foi capitalizar os resultados obtidos sobre indicadores numa ferramenta de representação da qualidade ambiental das redes de esgoto. O município de Noisy-le-Grand (Seine Saint-Denis - França) colaborou com o projeto fornecendo o campo de estudo e as bases de dados. Este artigo se apóia no trabalho realizado no que concerne à base de dados do SIG do município de Noisy-le-Grand.

3 USO DE BASES DE DADOS REAIS NOS SIG

A construção de uma base de dados é uma modelização da realidade. Como qualquer modelização, a construção das bases de dados busca representar a realidade de uma maneira confiável. Ao mesmo tempo, nosso conhecimento da realidade é frequentemente aproximativo. As bases de dados providas de informações imperfeitas levam os usuários a tratar com as imperfeições dos dados que são

de naturezas diferentes. É possível identificar três categorias elementares de imperfeições:

- A incerteza "resulta sobretudo de um teste cujo resultado não é conhecido a priori e que pode mudar se o teste é feito de novo; ela representa a variabilidade intrínseca de um fenômeno." (BOISSIER; AL-HAJJAR, 1993) ;

- A imprecisão "diz respeito às informações mal definidas, se usa qualificativos como: cerca de, aproximativamente, no intervalo, compreendido entre,... ela representa a qualidade do conhecimento sobre um fenômeno" (BOISSIER; AL-HAJJAR, 1993);

- A incompletude "é a falta de conhecimento ou um conhecimento parcial, quer dizer a impossibilidade de obter informações: problemas no momento de captação de conhecimento, existência de conhecimentos gerais sobre o estado de um sistema mas com exceções que não podem ser enumeradas ou previstas, existência de um conhecimento implícito, não formulado, obtido junto a especialistas" (BOUCHON-MEUNIER, 1995).

A imperfeição intrínseca de um dado resulta geralmente de imperfeições de natureza elementar múltipla.

O contexto do município de Noisy-le-Grand é apresentado na Tabela 1 (último censo da população em 2007). Esta cidade faz parte também da Ville Nouvelle (Cidade Nova) de Marne la Vallée e conheceu um crescimento bastante forte nos anos setenta do século XX. O município de Noisy-le-Grand tem um nível de documentação alto na escala do trecho: superior a 90% para informações pertinentes ao foco do projeto. Esses dados provêm de um diagnóstico realizado em 2000 por um serviço de estudos em saneamento ambiental (SAFE-GE, 2001), capitalizados num SIG que pôde acolher muitas camadas (saneamento, água potável, população, lixo, etc) mas que, na forma atual, está limitado à rede de esgoto.

Tabela 1 - Dados urbanos contextuais do município de Noisy-le-Grand

País	França
Distrito	Seine Saint Denis
População (habitantes)	62 529 (INSEE 2007)
Densidade (hab./ha)	48,28
Densidade por habitação (habitante/habitação)	2,56
Superfície (ha) Total Urbanizada	1 295 1 000
Gestor da rede	Services techniques de la ville de Noisy le Grand
Numeros de funcionarios	3 pessoas
Rede (m) esgotamento sanitário água de chuva	98 280 92 118

No seu uso atual, a versão do SIG permite a localização de objetos de referência e a gestão de informações como a data de colocação, endereço, presença de defeitos ou de sedimentos.

Apesar da taxa de informações considerada elevada, os dados da base só provêm de inspeções ou de medidas realizadas na escala do trecho. Portanto o diagnóstico traz outras informações em outras escalas, mas que não foram aproveitadas no sentido da sua incorporação no SIG. Assim, o SIG está limitado a um nível de decisão operacional, sobretudo para localizar a rede, e não a um nível estratégico.

Além disso, os dados da base apresentam muitas imperfeições: por exemplo, os nomes das ruas estão, às vezes, errados ou imprecisos; algumas ruas não existem ou não existem mais; os campos dos resultados das inspeções televisuais, como, por exemplo, os defeitos, têm incertezas, etc.

Estes dois aspetos, de incompletude e de imprecisão, conduziram a dois tratamentos na base de dados : tratamento das incertezas e a construção de um novo modelo de dados.

4 TRATAMENTO DAS INCERTEZAS DE BASES DE DADOS REAIS E APLICAÇÃO À DA CIDADE DENOISY LE GRAND

O tratamento das informações dentro de bases de dados aponta para a redução das suas imperfeições, com o intuito de permitir o uso posterior para outras finalidades: previsão, apoio à decisão, etc...

No quadro do projeto, todas as imperfeições não foram processadas; particularmente as imprecisões de medidas.

Duas abordagens foram usadas para fiabilizar a base de dados. A primeira consistiu em reduzir a imprecisão e a incerteza de informações que podem ser verificadas; esta ação pode ser comparada a uma atualização da base de dados. A segunda consistiu em excluir alguns dados que não puderam ser verificados ou aproximados da realidade.

4.1 Redução das imprecisões e das incertezas

4.1.1 Incertezas sobre a via pública e suas denominações

Os campos da base de dados com descrição da via pública foram atualizados. Para cada trecho, o seguinte processo foi aplicado de acordo com a existência de:

- um erro ortográfico do nome ou da denominação : atualização feita após a verificação do trecho jusante e do trecho montante.
- um erro de denominação : a rua vira beco, a avenida vira caminho, etc. A atualização foi realizada de acordo com

o processo precedente. No caso de dupla denominação (ex: Rua da Liberdade e Avenida da Liberdade), as coordenadas dos trechos jusante e montante permitiram reduzir a incerteza.

4.1.2 Incertezas sobre os resultados das Inspeções Televisuais (ITV)

As bases de dados do SIG têm vários campos sobre os ITV e seus resultados. As observações dos defeitos foram registradas em campos individualizados com o valor « sim » ou uma célula vazia. A incerteza fica no sentido desses dois valores. O valor « sim » indica a presença de um defeito, mas não precisa se existem várias ocorrências no trecho. Esse tipo de incerteza foi resolvido diretamente com a definição de um dos indicadores (BONIERBALE *et al.*, 2005). A célula vazia pode significar que nenhum defeito fora identificado depois da inspeção ou que o trecho não fora inspecionado. Para reduzir esta incerteza, duas hipóteses foram formuladas:

- os trechos sem data de inspeção são considerados como não inspecionados ;
- um trecho inspecionado (com data de inspeção) que apresenta células vazias nos campos dos defeitos na base de dados é considerado como sem defeito, tal como são repertoriados na nomenclatura do serviço de estudos que fez a inspeção.

Dessas duas hipóteses seguem duas regras de tratamento de dados:

- Regra 1 : os trechos não inspecionados são excluídos da avaliação;
- Regra 2 : as células vazias de trechos inspecionados pegam o valor "não".

4.2 Redução da incompletude

Na base de dados do SIG, algumas informações faltaram e foram assimiladas à incompletude, particularmente com relação à associação de cada trecho às várias bacias. Para determinar à qual bacia pertence cada trecho, um vínculo entre os dados do diagnóstico e os dados do SIG foram estabelecidos, acrescentando um novo campo na base de dados.

4.3 Exclusão

A exclusão de alguns dados já foi indicada. Outros trechos foram excluídos da avaliação, pois não tinham informação suficiente para fazer a atualização (ruas, avenidas ou becos inexistentes).

5 CONSTRUÇÃO DE UM NOVO MODELO DE DADOS

A representação das informações precisa calcular os indicadores formalizados (BONIERBALE *et al.*, 2005). Depois que a seleção dos dados for realizada entre aquelas que são incertas, incompletas ou confiáveis, os dados pertinentes serão selecionados para cálculos dos indicadores. Três categorias de informações são diferenciadas:

- as informações medidas: resultam de medidas deterministas realizadas no quadro do diagnóstico e podem ser usadas diretamente. As condições de medida são próprias a cada parâmetro;
- as informações deduzidas: são informações que podem ser deduzidas das precedentes, particularmente por meio de diferenças e/ou de extrapolações. Assim, os dados deduzidos podem ser utilizados de maneira indireta, pois precisam de um tratamento;
- as informações estimadas / modelizadas: elas dependem de tratamento matemático que permita prever a evolução dum sistema e não são precisas. Apesar disso, é possível ter uma visão geral de um parâmetro com estudo de alguns critérios. Podem ser usadas de maneira indireta, pois estão estimadas de informações existentes na base de dados.

Um novo modelo de dados foi proposto para incorporar os resultados do cálculo dos in-

dicadores. Depois da criação e do informe dos novos campos, torna-se possível uma representação gráfica do desempenho ambiental.

Como exemplo do fator de infiltração na escala do trecho, apresentam-se o cálculo do indicador e a representação do desempenho. A infiltração em um trecho diz respeito às entradas de água não previstas, vinculadas a defeitos estruturais. O indicador escolhido está baseado nas regras de especialistas, definidas no guia do gerenciamento patrimonial das redes de esgoto (LE GAUFFRE *et al.*, 2005). Dois descritores estão associados a este indicador: o primeiro é uma estimativa da potência de exfiltração, expresso a partir do estado observado, e o segundo diz respeito ao nível do lençol freático.

A primeira etapa consiste numa adaptação da nomenclatura dos defeitos, pois a do diagnóstico difere da norma francesa (NFEM 13508-2 obrigatória desde 2006) (AFNOR, 2003). Como o nível do lençol freático não era disponível, só o cálculo da potência de infiltração foi realizado. Tal potência está expressa por meio de uma densidade de imperfeições (número de imperfeições / comprimento do trecho). Esse novo campo foi criado na base de dados, permitindo a representação no SIG. A escala de desempenho foi obtida com séries de repartição equivalente (Figura 1), tendo cada série o mesmo número de trechos.

O desempenho e a sua representação são

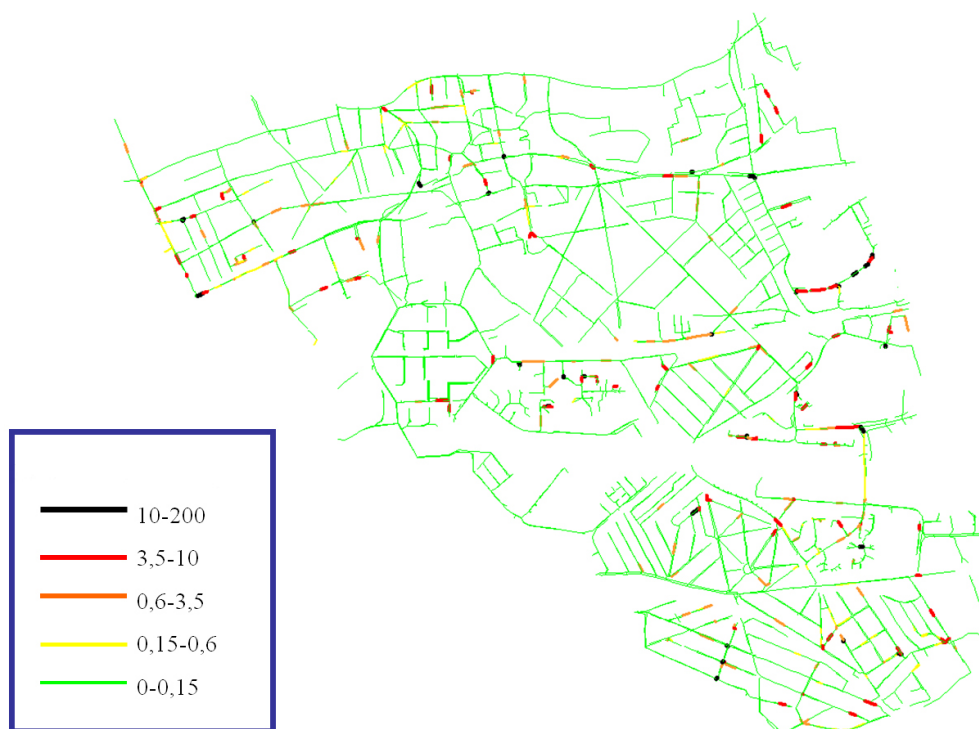


Figura 1 - Representação do resultado de um indicador: a densidade de imperfeições (densité d'imperfections) na escala do trecho

particularmente interessantes em termos de gestão, pois permitem comparar objetos entre eles e ordenar ações (a nível operacional) ou programas de reabilitação por bairro (a nível estratégico). O gestor-usuário deve ser livre para alterar os parâmetros de ordenação dos níveis de desempenho, ou em função de seus objetivos, ou em função de uma legislação.

O projeto conseguiu calcular vários indicadores e identificou os dados necessários para o cálculo de outros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levar em conta a imperfeição dos dados era um dos objetivos específicos do projeto. Depois da formalização de vários indicadores, a equipe tratou mais especificamente da incompletude nas bases de dados reais urbanos. Este trabalho possibilitou, com a colaboração do município, a definição de dados desejáveis para prolongar o encaminhamento e obter uma análise mais completa, tal como é escrita na formalização dos indicadores.

A modelização dos desempenhos foi proposta para alguns indicadores. A elaboração dos tetos está condicionada à existência de normas ou de regulamentações. Ambicionou-se a tratar todos os indicadores. O projeto já apontou pistas de trabalho para melhorar os conhecimentos sobre alguns aspectos, às vezes pouco abordados, frequentemente em razão da sua complexidade, como, por exemplo, a poluição dos meios hídricos subterrâneos. Outros projetos franceses, como o RE-RAU (LE GAUFFRE *et al.*, 2005), permitiram enriquecer esse projeto com novos conhecimentos.

A representação cartográfica foi implementada nos serviços técnicos do município de Naisy le Grand. Mesmo se a abordagem não esteja ainda completa, a acolhida positiva confirma o interesse de tal abordagem.

NOTAS

1. A federação dos prefeitos dos municípios de médio porte (F.M.V.M.) fez uma pesquisa sobre municípios de médio porte e suas aglomerações. 266 municípios foram solicitados e 173 responderam a pesquisa.

REFERÊNCIAS

AFNOR. *NF EN 13508-2: condition des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - partie 2 : système de codage de l'inspection visuelle*. Paris, 2003.

BOISSIER, D.; AL-HAJJAR, J. *Système interactif d'aide à la décision (SIAD) et incertain en génie civil*. *EuropIA'93*, Delft, Holanda. Paris, 1993.

BONIERBALE, T. *et al. Construction du profil environnemental d'un réseau d'assainissement pour les villes moyennes*. Champs sur Marne: Relatório de pesquisa Réseau Génie Civil et Urbain. 200. 67 p.

BOUCHON-MEUNIER, B. *Mesures floues*. La logique floue et ses applications. Paris: Addison-Wesley, 1995. 257 p.

CHRISTODOULOU, S.; DELIGIANNI, A.; ASLANI, P.; AGATHOKLEOUS, A. Risk-based asset management of water piping networks using neurofuzzy systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, Amsterdam, v.33, n. 2, p. 138-149, 2009.

F.M.V.M. *Accès et services numériques: les habitants au coeur de l'action des villes moyennes et des intercommunalités*. Paris: Fédération des Maires des Villes Moyennes, 2005. 19 p.

FENNER, R. A. Approaches to sewer maintenance: a review. *Urban Water*, London, v.2, n. 4, p.343-356, 2000.

HALFAWY, M. Municipal information models and federated software architecture for implementing integrated infrastructure management environments. *Automation in Construction*, Amsterdam, v.19, n. 4, p. 433-446, 2010.

LAFFRECHINE, K. *et al. Profil environnemental d'un réseau d'assainissement pour les villes moyennes*. In : *Rencontres de l'AUGC*, 23, 2005, Grenoble. *Actes des 23^{ème} Rencontres Universitaires de Génie Civil*. Grenoble: Université Joseph Fourier, [CD-Rom].

LE GAUFFRE, P. *et al. Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains*. Paris: Lavoisier, 2005. 416p.

SAFEGE. *Etude Diagnostique des réseaux d'assainissement : Ville de Noisy-le-Grand. Rapport de Phase I*. Paris: SAFEGE, 2001. 67p.