
ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ:
управление и высокие технологии № 2 (14) 2011

3. Камаев В. А. Автоматизированное поисковое проектирование / В. А. Камаев // Наука – производству. – 2000. – № 1. – С. 3–4.
4. Камаев В. А. Архитектура автоматизированной системы концептуального проектирования СОФИ / В. А. Камаев, С. А. Фоменков, А. В. Петрухин, Д. А. Давыдов // Программные продукты и системы. – 1999. – № 2. – С. 30–34.
5. Попов В. В. Развитие технических систем на основе потребностей человека / В. В. Попов. – М. : РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2008. – 60 с.
6. Режим доступа: <http://ph.ras.ru/page54852159.htm>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Режим доступа: http://www.filosofi.vuslib.net/book_0026_page28html, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
8. Фоменков С. А. Моделирование и автоматизированное использование структурированных физических знаний : монография / С. А. Фоменков, Д. А. Давыдов, В. А. Камаев. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 278 с.

УДК: 622:658.011.56

**ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ СПОСОБА ПРОКЛАДКИ
ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ
В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

В.Д. Сачиева

В статье приведена инфокоммуникационная система выбора оптимального способа прокладки подземных инженерных коммуникаций. Рассматриваются альтернативы открытой и бесструншнейной проходки. Произведен предварительный статистический анализ исходных данных и выбор значимых факторов, определяющих выбор способа прокладки инженерных коммуникаций. Применен метод построения деревьев решений для выявления допустимых способов прокладки инженерных коммуникаций.

Ключевые слова: способ прокладки, выбор факторов, статистический анализ, инженерные коммуникации, дерево решений, бесструншнейная прокладка, открытая прокладка, узлы, ветви дерева решений.

Key words: laying way, engineer communications, decision tree, open laying, pipe pipe driving, quarry operation, nodes, branches of decision tree.

Усовершенствование инженерных коммуникаций является приоритетным делом в развитии каждой страны и города. Выбор оптимального способа прокладки инженерных коммуникаций является актуальной задачей в освоении подземного пространства городов.

Необходимо создание инфокоммуникационной системы для поддержки выбора способа прокладки инженерных коммуникаций, позволяющей на основании множества исходных данных определить оптимальный вариант реализации инженерных решений, используя методы статистического анализа и построение деревьев решений.

Существуют различные способы прокладки инженерных коммуникаций, которые могут быть разделены на 2 группы (Y1 и Y2), которые далее будем называть «группы способов»:

- Y1 – бесструншнейный способ; Y1 = {X1, X2, X3, X4, X5}, где X1 – микротоннелирование, X2 – бурошнековое бурение, X3 – продавливание стального футляра, X4 – горизонтально-направленное бурение, X5 – направленный прокол.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Y_2 – открытый способ; $Y_2 = \{Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$, где Z_1 – крепление вертикальными стенками, Z_2 – деревянные крепления, Z_3 – крепление консольными трубами, Z_4 – крепление стальными трубами.

Целью работы является обоснование и выбор оптимального способа прокладки инженерных коммуникаций в условиях городской застройки. В данной статье описаны следующие этапы решения задачи.

1. Предварительный статистический анализ исходных данных и выбор основных факторов, определяющих выбор способа прокладки инженерных коммуникаций

2. Построение деревьев решений для выявления возможных способов прокладки инженерных коммуникаций

3. Апробация инфокоммуникационной системы для поддержки принятия решений на основании проекта «Подающие водоводы для жилого района Рублево-Архангельское г. Красногорска Московской области (ООО Институт "Каналстройпроект")».

В ходе произведенного предварительного статистического анализа исходных данных были определены основные факторы, определяющие дальнейший выбор способа прокладки инженерных коммуникаций. Для этого было выбрано 30 типов исходных данных, таких как H – глубина прокладки, D – диаметр футляра, $V9$ – срок полезного использования труб, $V10$ – стоимость труб, $V11$ – стоимость футляра, $V12$ – сносимые сооружения, $V13$ – аварийность труб, $V14$ – коэффициент фильтрации грунтов и т.д. На основании статистических данных, полученных от специалистов института «Каналстройпроект», с помощью программы Statistica были посчитаны коэффициенты корреляции Пирсона и построена корреляционная матрица взаимозависимостей (рис. 1).

Если корреляция исходных данных друг с другом высока, т.е. ($R_{VW} \geq 0,3$), то один из двух типов можно исключить для дальнейших исследований. В тех случаях, когда нет систематического соответствия между значениями исходных данных V и W , т.е. корреляция ($R_{VW} \leq 0,3$), оба типа исходных данных принимаются значимыми для дальнейшего анализа.

На основе полученных взаимозависимостей был построен граф взаимосвязей исходных данных для прокладки инженерных коммуникаций (рис. 2).

	H	D	C	P	A	G	L	M	$V9$	$V10$	\dots	$V30$
H	1	0.21	0.03	0.02	0.19	0.14	0.03	0.08	0.55	0.02	\dots	0.85
D	0.21	1	0.17	0.15	0.08	0.17	0.06	0.18	0.81	0.72	\dots	0.75
C	0.03	0.17	1	0.11	0.14	0.03	0.06	0.04	0.11	0.11	\dots	0.12
P	0.02	0.15	0.11	1	0.18	0.05	0.03	0.16	0.29	0.23	\dots	0.21
A	0.19	0.08	0.14	0.18	1	0.14	0.07	0.13	0.11	0.05	\dots	0.03
G	0.14	0.17	0.03	0.05	0.14	1	0.03	0.02	0.04	0.18	\dots	0.57
L	0.03	0.06	0.06	0.03	0.07	0.03	1	0.16	0.03	0.63	\dots	0.25
M	0.08	0.18	0.04	0.16	0.13	0.02	0.16	1	0.06	0.11	\dots	0.18
$V9$	0.55	0.81	0.11	0.29	0.11	0.04	0.03	0.06	1	0.26	\dots	0.24
$V10$	0.02	0.72	0.11	0.23	0.05	0.18	0.63	0.11	0.26	1	\dots	0.39
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	\dots	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	\dots	.
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
$V30$	0.85	0.75	0.12	0.21	0.03	0.57	0.25	0.18	0.24	0.39	\dots	1

Рис. 1. Корреляционная матрица исходных данных для прокладки инженерных коммуникаций

ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ:
управление и высокие технологии № 2 (14) 2011

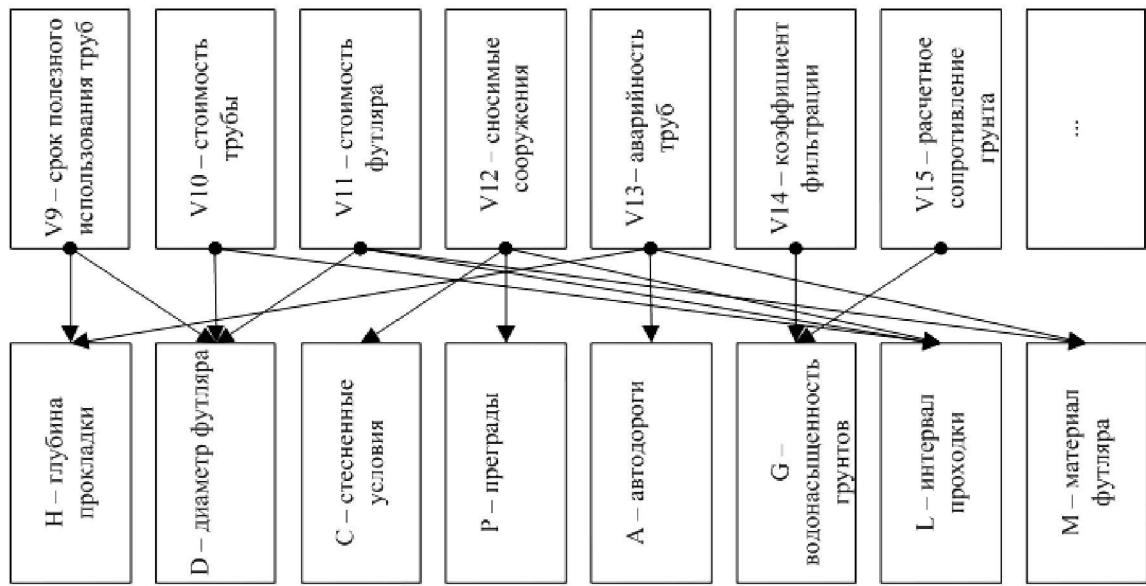


Рис. 2. Граф взаимосвязей исходных данных для прокладки инженерных коммуникаций

С учетом сформированных взаимосвязей была образована система структурных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} V9 = f9(H, D) \\ V10 = f10(L, D) \\ V11 = f11(H, M, L) \\ V12 = f12(H, A, M) \\ V13 = f13(G) \\ V14 = f14(G) \\ \dots \end{array} \right\}$$

на основании которой был построен исходный информационный базис для определения прокладки инженерных коммуникаций, состоящий из 8-ми основных факторов, описанных в табл. 1.

Таблица 1
**Исходный информационный базис
для определения прокладки инженерных коммуникаций**

№	Описание вводных данных	Обозначение	Диапазон изменения (значения) данных
1	Глубина прокладки	H	$H \in (0; 30)$
2	Диаметр футляра	D	$D \in (50; 2000)$
3	Стесненные условия	C	1=да; 0=нет
4	Преграды, такие как железные дороги, реки, насаждения	P	1=да; 0=нет
5	Автодороги	A	1=да; 0=нет
6	Водонасыщенность грунтов	G	1=да; 0=нет
7	Интервал проходки	L	$L \in (0; \infty)$
8	Материал футляра	M	Железобетон, сталь, полиэтилен

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Таким образом, в рамках реализации инфокоммуникационной системы ставится задача выбора способа прокладки подземных инженерных коммуникаций из множества $\{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4\}$ при определенных заданных условиях (H, D, C, P, A, G, L, M) (табл. 1).

Построение деревьев решений для выявления возможных способов прокладки инженерных коммуникаций состоит из трех подэтапов.

1. Выбор «группы способов» прокладки (построение дерева решений № 1): при заданных условиях (C, P, G, H) строится дерево решений № 1, в котором определяется множество $\{Y\}$ возможных «групп способов», при $Y = Y_2$ (если возможен открытый способ) или $Y = Y_1$ (если возможен бестраншейный способ). Результат прохождения всех ветвей дерева решений № 1 описывается функцией $f1(C, P, G, H)$ (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент результата прохождения дерева решений № 1

C	P	G	H	$f1(C, P, G, H)$
0	0	0	0	Y2
0	0	0	1	Y1
.....				
0	0	1	1	Y1
1	1	1	0	Y1
1	1	1	1	Y1

В результате прохождения дерева решений № 1 присутствует два варианта дальнейшего развития событий, а именно: прокладка бестраншейным (в этом случае переходим к дереву решений № 2) или открытым способом (в этом случае переходим к дереву решений № 3) (рис. 3).

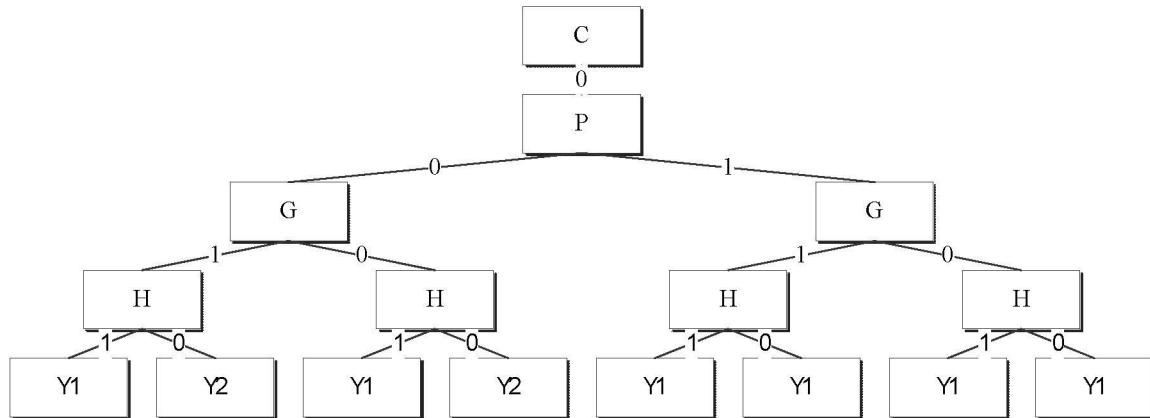


Рис. 3. Фрагмент дерева решений № 1 прокладки инженерных коммуникаций

2. Выбор способа прокладки бестраншейным способом (построение дерева решений № 2): при заданных условиях (F, D, L, G) строится дерево решений, при котором определяется множество $\{X\}$ возможных способов бестраншейной прокладки коммуникаций $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots\}$.

В данном случае представлено три варианта узла «диаметр футляра» в зависимости от значения ветви для узла «материал футляра» согласно инженерным характеристикам (табл. 3).

**ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ:
управление и высокие технологии № 2 (14) 2011**

Таблица 3

Описание узлов для дерева решений № 2

Обозначение	Название узла	Описание узла
F	Материал футляра	Футляры представляют собой трубы различных диаметров, сделанные из стали, железобетона или полиэтилена.
D1	Диаметр футляра	Диаметр стального футляра
D2	Диаметр футляра	Диаметр железобетонного футляра
D3	Диаметр футляра	Диаметр полиэтиленового футляра
L	Интервал проходки	Максимальный участок, пройденный с одного котлована
G	Водонасыщенность грунтов	Уровень грунтовых вод

Бестраншейная прокладка коммуникаций является динамически развивающейся отраслью подземного строительства и имеет ряд альтернатив решения проектов, в том числе с разными диаметрами прокладки (табл. 4).

Таблица 4

Описание листьев для дерева решений № 2

Лист	Описание
R	Направленный прокол
B1 ... B5	Бурошниковая установка с различными диаметрами прокладки
J1 ... J6	Горизонтально-направленное бурение с различными диаметрами прокладки
M1 ... M10	Микротоннелепроходческие комплексы с различными диаметрами прокладки

Результат прохождения всех ветвей дерева решений № 2 описывается функцией $f2(F, D, L, G)$ (табл. 5).

Таблица 5

Фрагмент результатов прохождения дерева решений № 2

F	D	L	G	Возможные альтернативы оборудования для прокладки				
				Направленный прокол	Бурошниковая установка	ГНБ	Микротоннель	Продавливание стального футляра
1	1	1	1	R	B1	J1	—	—
1	6	1	1	—	B2	J3	M1	—
2	1	1	1	—	—	—	M3	—
2	6	1	1	—	—	—	M10	—
3	1	1	1	R	—	J1	—	—
1	2	2	1	R	B1	J1	—	—
1	12	1	0	—	B4	J6	M7	P1
1	13	1	0	—	B5	—	M8	P2
2	1	1	0	—	—	—	M3	—
2	2	1	0	—	—	—	M6	—
3	1	1	0	R	—	J1	—	—
3	2	1	0	R	—	J1	—	—
2	1	4	0	—	—	—	M3	—
1	3	5	0	R	—	J1	—	—
1	12	6	0	—	—	J6	—	—
.....								

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Таким образом, в результате прохождения дерева решений для прокладки коммуникаций бестраншейным способом выявляется от одной до четырех возможных альтернатив оборудования (направленный прокол, ГНБ, бурошниковая установка, микротоннель, продавливание стального футляра).

3. Прокладка открытым способом (построение дерева решений № 3 как продолжения дерева решений № 1 в случае, когда значение листа приходит к показателю Y2): при заданных условиях (A, H_3) строится дерево решений № 3, при котором определяется возможный способ открытой прокладки коммуникаций, где $X = \{Z1, Z2, Z3, Z4\}$.

Прокладка коммуникаций открытым способом включает в себя четыре возможные альтернативы использования оборудования, которые и являются листьями дерева решений (табл. 6).

Таблица 6

Описание листьев для дерева решений № 3

Лист	Описание
Z1	Вертикальные стенки
Z2	Деревянные крепления
Z3	Консольные трубы
Z4	Стальные трубы

Результат прохождения всех ветвей дерева решений № 3 описывается функцией $f3(A, H)$ (табл. 7).

Таблица 7

Результаты прохождения дерева решений № 3

A – наличие автодорог	H – глубина прокладки	$f3(A, H)$
0	1	Z2
0	2	Z2
0	3	Z3
0	4	Z4
1	1	Z1
1	2	Z2
1	3	Z3
1	4	Z4

После прохождения этого уровня выходим на единственный возможный вариант прокладки открытым способом, а именно, с помощью вертикальных стенок, деревянных креплений, консольных труб или стальных труб (рис. 4).

Апробация инфокоммуникационной системы и внедрение результатов исследования проходили на базе проектов инженерного обеспечения застроек Московской области отдела ПОС (проект организации строительства) компании ООО «Институт "Каналстройпроект"». Для расчетов использованы данные ТЭО проекта – «Подающие водоводы для жилого района Рублево-Архангельское г. Красногорска Московской области». В данном проекте на определенных участках возникла необходимость прокладки водопроводной трубы в футляре диаметром $D = 1200$ мм в условиях плотной городской застройки и многочисленных зеленых насаждений. С помощью описанной инфокоммуникационной системы, в результате прохождения деревьев решений № 1 и № 2 были выявлены три возможные альтернативы прокладки инженерной коммуникации: микротоннелирование ($X1$), прокладка при помощи бурошниковой установки ($X2$) и продавливание стального футляра ($X3$).

ПРИКАСПИЙСКИЙ ЖУРНАЛ:
управление и высокие технологии № 2 (14) 2011

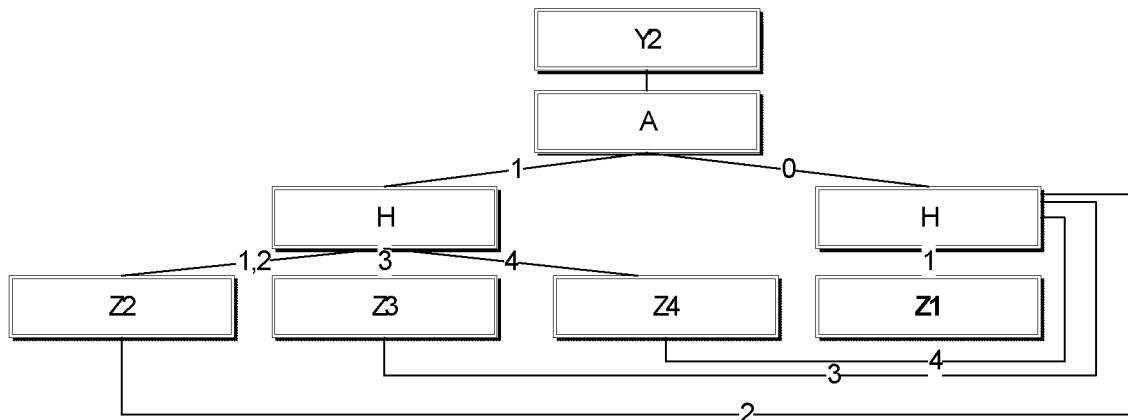


Рис. 4. Дерево решений № 3 для прокладки инженерных коммуникаций открытым способом

Дальнейший детализированный выбор оптимального способа прокладки инженерных коммуникаций возможен при помощи использования метода нечеткого программирования.

Библиографический список

1. Бондаренко И. С. Анализ факторов, влияющих на выбор технологии строительства коммуникационного тоннеля / И. С. Бондаренко, И. В. Баранникова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008 – Вып. № 10. – С. 124–129. – (Информатизация и управление – 1).
2. Бреннер В. А. Щитовые проходческие комплексы / В. А. Бреннер, А. Б. Жабин, М. М. Щегловский, Ал. В. Поляков, Ан. В. Поляков. – М. : Мир горной книги, 2009. – 447 с.
3. Гончаренко С. Н. Методы и модели выбора способа прокладки подземных инженерных коммуникаций в условиях городской застройки / С. Н. Гончаренко, В. Д. Сачивка // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. – С. 142–146.
4. Ишин А. В. Анализ факторов, влияющих на эколого-экономическую эффективность использования подземного пространства реконструируемых городских территорий / А. В. Ишин, А. А. Корчак // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 9. – С. 165–170.
5. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. – М. : Наука, 1981 – 208 с.

УДК 519.872.7:658.51

**МОДЕЛИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ
И АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

**А.А. Солнцев, П.А. Тимофеев,
М.В. Приходько, С.Н. Сатышев, Р.Г. Жигарев**

В статье рассмотрены задачи оценки характера автоковариационных функций и трендов типовых выходных процессов имитации, что позволяет при исследовании поисковых алгоритмов генерировать временные ряды с помощью моделей авторегрессии, заменяя ими громоздкие имитационные модели. С целью определения класса функций выходных процессов имитации проведено имитационное моделирование типовых структур СемО, а именно, разомкнутых одно- и многофазных СМО с различными дисциплинами обслуживания