

Використання виявлених закономірностей розміщення пасажирів у поїзді дозволить відчутно зменшити енергоспоживання в поєднанні з підвищенням культури обслуговування.

1. Якушкин И.М. Пассажи́рские перевозки на метрополитенах. – М.: Транспорт, 1982. – 175 с.

2. Методические указания по расчету технико-экономических показателей городского электрического транспорта – трамвая, троллейбуса и метрополитена / Сост. Л.А. Исаев. – Харьков, 1996. – 30 с.

3. Мірєнський І.Г., Сосіпатров А.М. Удосконалення організації перевезень пасажирів на метрополітені // Вестник Национального технического университета "ХПИ". Вып. 14. – Харьков, 2001. – С.30–37.

Отримано 18.01.2002

УДК 338.244:004.85

Л.И.НЕФЕДОВ, д-р техн. наук, Е.Г.СТОПЧЕНКО,
Г.И.СТОПЧЕНКО, канд. техн. наук, Н.М.ЗОЛОТОВА
Харьковская государственная академия городского хозяйства

МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ

Рассматриваются основные этапы процесса управления развитием городских систем. Сформированы модели принятия многокритериальных решений.

Задачи управления развитием городскими системами (ГС), как правило, относятся к слабоструктурированным и характеризуются неопределенностью исходной информации, наличием неопределенности в описании объектов управления многофакторностью и многокритериальностью принимаемых решений. Эти особенности резко ограничивают возможности методов оптимизации и их использование связано со значительными упрощениями реальных ситуаций принятия решений.

Решение задач управления развитием предполагает исследование ГС с целью получения данных, необходимых для составления целостной картины материальных процессов, информационных потоков и процессов принятия решений. Изменение цели, состояния внешней среды, ухудшение свойств элементов ГС вызывает необходимость адаптации системы путем изменения ее свойств, состава и структуры для более эффективного протекания управляемых процессов. В общем случае модель ГС представляется следующим образом:

$$\Sigma = \langle T, X, Y, S(A, W(A), R(A))\theta, L, \varphi_1, \varphi_2 \rangle,$$

где T – множество моментов времени; X – множество входов; Y – множество показателей функционирования системы; S – множество состоя-

ний структуры, определяемой множеством элементов A , множеством свойств $W(A)$, множеством структурных отношений $R(A)$; θ – множество закономерностей функционирования и развития ГС; L – множество вариантов реализации развития; φ_1, φ_2 – операторы отображения процессов анализа и развития системы.

Для выявления особенностей функционирования ГС и определения эффективных путей ее развития необходимо установление структурных взаимосвязей между целями развиваемой системы и составляющими процесса их достижения. Развитие ГС определяется как комплексное принятие решений и включает следующие основные этапы:

- анализ результатов функционирования ГС, по которому выделяется тренд временного ряда и анализируются тенденции развития. Проводимый спектральный анализ выявляет оценки спектральной плотности и вклад каждой гармоник в дисперсию исходного ряда для установления периода воздействия причинных факторов на $Y(t)$;

- формирование проблемных свойств ГС, т.е. разницу между результатом функционирования Y_t и желаемым состоянием выходных свойств Y^* , $\Delta Y = Y^* - Y_t$. Возникновение проблемных свойств вызывается тем, что функционирование ГС не обеспечивает желаемых результатов;

- построение причинно-следственных структур проблемных ситуаций. Осуществляются детализация и анализ причинных факторов, определяющих возникновение проблемных ситуаций. Количественная оценка степени влияния определяется на основе статистических или экспертных оценок. Построение экстенсивных и интенсивных структур развития ситуаций отражает свойства и взаимосвязи проблемных ситуаций и релевантных факторов $\Delta Y = \psi[W(A)]$;

- выбор средств решения проблем и формирования задач управления развитием для выбора эффективных направлений развития ГС. Ожидаемое изменение свойств развивающейся системы от улучшения свойств составляющих элементов на отрезке τ определяется приращением вектора параметров ΔS и его влиянием на показатели эффективности функционирования ГС

$$\Delta Y = \psi\{\Delta S[W(A)], \tau\}.$$

В процессе построения моделей задач управления развитием необходимо выделить управляемые и неуправляемые параметры, взаимосвязь параметров с критериями, ограничениями, накладываемые на область при-

менения параметров и т.д.

Используемые модели в зависимости от характера решаемых задач отличаются степенью формализации, объемом и глубиной описания особенностей и характера процесса развития, разнообразием учета требований реально существующей системы и ситуаций, в которых принимаются решения.

Модельное представление задачи принятия решений можно изобразить в следующем виде:

$$M = \langle X, F, D, U \rangle,$$

где X – множество решений; F – множество критериев; D – область поиска решений; U – уровень притязаний ЛПР.

Уровень притязаний определяет область желаемых значений в пространстве критериев

$$U = \{f_i \in R^n \mid \underline{u}_i \leq f_i \leq \bar{u}_i\},$$

где \underline{u}_i и \bar{u}_i – границы области желаемых значений для критериев f_i .

В процессе решения задачи ЛПР может изменять модельное представление и уровень притязаний. Комплекс моделей ориентирован на решение многокритериальных задач

$$\begin{aligned} F(x) = \{f_i(x)\} &\rightarrow \underset{x \in D}{opt}; \\ D &= D_1 \cap D_2; \\ D_1 &= g_j(x) \geq b_j, j = \overline{1, m}; \\ D_2 &= f_i(x) \geq \varepsilon_i, i = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (1)$$

где D_1 – область поиска решений в пространстве переменных, задаваемых ограничениями b_j ; D_2 – область поиска решений в пространстве критериев.

Для решения задачи (1) предлагается оптимизационно-имитационный подход, заключающийся в последовательном итеративном уточнении области генерации наиболее предпочтительных решений путем перехода на k -й шаг от альтернативы x^k альтернативе x^{k+1} с учетом дополнительной информации от ЛПР. Диалоговый процесс поиска предпочтительного решения представляется следующим образом

$$\{opt\{F(x, \alpha^k) \mid x \in D_1(\beta_1^k \cap D_2 \beta_2^k) \cap U^k\}, \quad (2)$$

где α^k – управляемый диалоговый параметр взаимосвязи критериев; β_1^k и β_2^k – управляемые параметры областей D_1 и D_2 .

В общем виде оптимизационно-имитационный процесс формирования и выбора решения на каждом шаге представляется последовательностью этапов.

Этап 1. Осуществляется генерация допустимых решений на основе использования определенных моделей при фиксированных значениях управляемых параметров. Для формирования недоминируемых решений используются модели параметрической скаляризации и целевого программирования.

Этап 2. Определяется соответствие показателей полученного варианта решения x^k и $\{f_i(x^*)\}$ уровню притязаний ЛПР

$$x^k \in C_R(x^0, R), \{f_i(x^k)\} \in U^k,$$

где C_R – функция выбора, отражающая отношение предпочтения Р ЛПР на множестве допустимых решений x^0 .

В случае удовлетворения рассматриваемого варианта предпочтениям ЛПР процесс выбора заканчивается и x^k принимается в качестве решения. В противном случае ЛПР производит целенаправленное изменение элементов модели путем уточнения значений управляемых параметров α^k , β^k и β_2^k .

Этап 3. Производится корректировка компонент задачи (2) для получения нового варианта решения. Изменение параметров целевой функции осуществляется путем задания нового значения α^k (изменение λ_i или задание новых значений f_i^*). Изменение областей D_1 и D_2 производится путем корректировки соответствующих значений β_1^k и β_2^k (изменение значений параметров-ограничений, уточнение новых пороговых значений ε_i).

$$D_1^{k+1} = \varphi_1(D_1^k, \beta_1^{k+1}), \quad D_2^{k+1} = \varphi_2(D_2^k, \beta_2^{k+1}). \quad (3)$$

Гибкость моделирования достигается наряду с корректировкой управляемых параметров и маневрированием составом структурных элементов модели, которые могут находиться в активном (рабочем) или пассивном состояниях, определяемых ЛПР в зависимости от си-

туации.

Многие реальные ситуации принятия многокритериальных решений при решении задач управления развитием целесообразно формировать в виде концептуальных моделей.

Сформируем основные классы моделей многокритериальных задач, основывающиеся на различных концепциях.

1. *Задача поиска априори неизвестного наилучшего решения.* ЛПР не имеет возможности задать (определить) желаемые свойства решения и задача принятия решений формируется следующим образом: найти вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$, принадлежащий области $D = \{Ax = b, x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n\}$, где A — $p \times n$ -матрица коэффициентов; b — p -вектора, и максимизирующий (минимизирующий) совокупность целевых функций

$$C_k(x) = \sum_{i=1}^k c_{ik} x_i, \quad k = 1, 2, \dots, k$$

при наиболее предпочтительном соотношении между их значениями в точке решения.

2. *Задача поиска удовлетворительного решения.* Понятие удовлетворительного решения формализуется в виде условия $c_k(x) \geq l_k, k = 1, 2, \dots, k$. В случае, если ЛПР не в состоянии заранее сообщить пороговые значения l_k , выделяющих множество удовлетворительных решений в D , то уровни l_k могут корректироваться (формироваться по мере анализа новых альтернатив изменения представления ЛПР о множестве допустимых решений).

3. *Задача целенаправленного формирования допустимых решений.* В этой ситуации цели и требования формируются ЛПР в значениях критериального пространства. Требуется найти вектор x , удовлетворяющий ограничениям и обеспечивающий для целевых функций возможно более близкое приближение к множеству одновременно недостижимых значений (целей) a_1, \dots, a_k , т.е.

$$x = \arg \min d(z(x), a)$$

где $a = (a_1, a_2, \dots, a_k)$ — целевые уровни; $d(\bullet)$ — расстояние, определяемое на основании некоторой заранее выбранной метрики; λ_k — веса отклонений, задаваемые ЛПР.

4. *Задача целенаправленного формирования допустимых решений*

при варьируемой структуре ограничений. Если возможности объекта управления (ресурсы) не соответствуют потребностям (целям), то ЛПР в определенной мере может целенаправленно вносить структурные изменения как в сам объект, так и в его связи с внешней средой. Возникает задача целенаправленного формирования и выбора как решения модели, так и ее структурных изменений (варьирование перечня переменных, коэффициентов матрицы и правых частей ограничений).

Задача системной оптимизации может сводиться к задаче линейного программирования с ограничениями:

$$(A^0 + \Delta A)x^* \leq b^0 + \Delta b, \quad \Delta A \in A, \quad \Delta b \in b,$$

где ΔA – вариации коэффициентов матрицы A ; Δb – вариации правых частей ограничений; x^* – целевая установка (x^* не удовлетворяет (*) при $\Delta A=0, \Delta b=0$).

Метод решения многокритериальной задачи определяется типом информации, получаемой от ЛПР априорно или в процессе решения, принципом оптимальности и процедурой поиска наиболее приемлемого для ЛПР решения.

Получено 21.01.2002

УДК 519.85

Н.И.САМОЙЛЕНКО, д-р техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОДНОЭТАПНЫЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Предлагается одноэтапный метод решения задачи линейного программирования, в основу которого положен дифференциальный алгоритм. Данный метод является развитием существующего трехэтапного дифференциального алгоритма.

К задаче линейного программирования сводятся многие инженерные задачи из различных областей человеческой деятельности, в том числе многие задачи муниципальной экономики и менеджмента.

Задача линейного программирования достаточно подробно изучена. В математической литературе хорошо известны различные методы ее решения, например, симплексный метод, метод искусственной базы, модифицированный симплексный метод. Каждый из этих методов разрабатывался обособленно, без привязки к общей задаче математического программирования. Реже в учебной литературе можно встретить решение задачи линейного программирования по дифференциальному алгоритму, как частное решение общей задачи матема-