

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ,  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ  
РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ  
НА ОСНОВЕ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК**

Разработана информационная технология, предназначенная для решения комплекса задач в области многокритериального анализа свойств, диагностики, прогнозирования и управления сложными системами различных классов, функционирование которых оценивается наборами разнокачественных показателей. Создан программный комплекс на основе MS SQL Server, автоматизирующий задачи управления объектами на основе рейтинговых оценок.

Ключевые слова: информационные технологии, сложные системы, рейтинговые оценки, диагностика, база данных, многокритериальность, кластеризация, прогнозирование, управление.

**Введение**

Основные проблемы, которые автоматизируются в представленной информационной технологии, обусловлены комплексом задач по управлению информацией, многокритериальному анализу деятельности, планированию стратегии развития на основе рейтинговых оценок (далее ИТРО). Отличительной чертой объектов, для которых предназначена ИТРО, является общая структура информационной базы – системы разнокачественных показателей, представляющих результаты деятельности за некоторые периоды (другие свойства системы), сгруппированные заданным способом. При этом из-за многочисленности набора рассматриваемых составляющих и др., не существует общей модели системы управления. Для сравнения отдельных элементов множества, на основе которого выполняется анализ свойств системы и ее составляющих, принимаются решения по управлению, вводятся правила оценки и сравнения – рейтинговые оценки (РО) [1]. С помощью РО ранжируются элементы, что служит общей относительной оценкой качества элементов а управление отдельными элементами связывается с повышением рейтинга объекта. Содержанием предлагаемой ИТРО является использование правил «рейтингования» в качестве модели управления. Далее в ИТРО процесс управления представлен как совокупность типичных задач, реализация которых опирается на оптимизационные процедуры многокритериального иерархического анализа Т. Саати (МАИ) [2], диагностики состояний объек-

тов с использованием сетей Кохонена [3], процедур обобщения (кластерный анализ [3]), а также прогнозирования [3, 4]. Автоматизированное решение типовых задач многокритериального выбора вариантов, управления множествами объектов, прогнозирование параметров сложных систем на основе эталонов реализовано на основе баз данных – СУБД MS SQL Server [5]. Такая структура ИТРО открывает возможность управления широким кругом сложных систем (Административные Территориальные Объединения – АТО, предприятия, учебные заведения, персонал и др.) на основе общей теоретической и прикладной базы. Указание на принцип устойчивого развития как стратегическую задачу формируемого управления отражает требование всестороннего анализа свойств, текущих и перспективных потребностей элементов систем. В целом задачей создания ИТРО является обеспечения возможности повышения обоснованности и действенности планов развития сложных социально-экономических систем.

#### **Особенности задач и моделей управления на основе рейтинговых оценок**

Проблемы управляемого развития сложных социально-экономических образований тесно связаны с ограниченными возможностями формализации задач управления [3, 6]. Во многих случаях здесь имеют место слабо формализованные задачи в области представления, моделирования и соответственно - управления. Главные причины возникновения таких типов задач заключаются в существовании комплексов условий неопределенности [6]. Информационная поддержка задач управления должна реализовываться путем установления и формулировки некоторых типичных задач, которые обеспечиваются соответствующими исходными данными. В ИТРО предлагаются формулировки и методы решения базовой совокупности типовых задач, а также средства по обеспечению необходимой информационной базы.

В задачах управления сложными объектами могут быть выделены следующие составляющие: условия, формулировка задачи, модельные формы отражения объекта анализа, связи между внутренними и внешними элементами условий, установленных и неявные зависимости и ограничения, разнообразная часто неполная информация об объекте, определения понятия решения задачи и его характерные признаки др. [4-6]. Каждому из перечисленных элементов можно поставить в соответствие свойства, определяющие слабую формализацию задачи в силу неполной информации об условиях и др. Для рассматриваемых сложных социально-экономических систем (СЭС) ими являются неопределенность условий, прогнозов, их противоречивость, неопределенность критерия.

Наличие в задачах хотя бы одного из перечисленных факторов неопределенности делает ее слабо формализованной, слабоструктурированной.

Важной особенностью задач управления на основе планирования стратегического развития СЭС являются значительные трудности по установлению критериев, которые достаточно бы в целом характеризовали процессы их развития. Невозможно представить многогранные задачи развития крупных городов, территорий, персонала, как реализацию модели некоторого одного принципа, например, «затраты - выгоды», «затраты - эффективность» др. Поэтому далее считается, что наиболее целесообразным для реализации задач рационального (оптимального) управления СЭС является принцип «затраты - результаты», когда рациональным считают управление, которое обеспечивает наибольшие возможности положительных изменений в комплексе сфер, характеризующих функционирование города, района, региона, персон и др. [6].

Из-за значительной сложности объекта управления одним из базовых реализованных в ИТРО положений является использование методики рейтинговых оценок (сравнительный анализ) в качестве комплексной модели системы управления развитием, а также создание средств автоматизации по управлению развитием в форме комплекса типовых задач. К ним отнесены следующие задачи: - обобщение данных на основе группировки (кластеризация, определение «близких» между собой групп объектов) с целью применения при управлении одинаковых стратегий действий; - задачи многокритериального оптимального выбора, как основы для формирования рациональных планов управления, - прогнозирование на основе прототипов (эталонов, прецедентов и т.д.) средствами экстраполяции, что позволяет на ранних этапах формирования прогнозов определить оценки ресурсы, значения параметров и др., - анализ чувствительности (влиятельности) уровней значений отдельных показателей на общий рейтинг сложной системы, - задача диалогового анализа (в форме деловой игры) управляемости комплексом показателей деятельности системы, - задачи планирования на основе применения оптимального распределения ресурсов.

Отмеченные и ряд других задач, реализованные в ИТРО, обеспечивают возможность решения широкого спектра задач управления развитием в различных сферах применения в соответствии с принципом «затраты - результаты».

### **Задачи и общая структура информационной технологии ИТРО**

ИТРО как автоматизированное формирование и оптимальное планирование стратегии развития включает: - методики по реализации задач планирова-

ния стратегии развития (деловые игры, сравнительный анализ, оптимальное планирование параметров стратегии развития), - систему показателей для оценки деятельности или свойств объектов; - математические модели рейтингового оценивания и анализа эффективности управления, мероприятий и др.; - программное обеспечение по автоматизации заданий анализа, прогнозирования и планирования.

Методика стратегического планирования и программное обеспечение ИТРО может применяться для решения следующих задач: - анализ управляемости системы – установления совокупности наиболее влиятельных параметров для изменения рейтинга системы; - самоанализа (если-то) – анализ эффективности на предыдущих этапах; - сравнительный анализ, с учетом прогнозов развития систем; - планирование – оптимальное распределение ограниченных ресурсов между различными сферами деятельности АТО и др. сложных систем.

Каждая из перечисленных задач представляет некоторый сценарий исследования свойств объектов как системы показателей, обобщаемых на основе рейтинговых моделей. Методы рейтинговых оценок дополняются средствами автоматизированного многокритериального анализа (иерархическая классификация) и выбора мер по планированию стратегии развития (МАИ), как составляющих системы поддержки принятия решений по стратегическому развитию АТО и др.

Структура программного обеспечения ИТРО обеспечивает автоматизированное решение следующих задач в сфере управления сложными системами: управление несколькими базами данных, которые представляют объекты управления; автоматическое исследование свойств чувствительности, как изменение рейтинга системы при изменении уровней значений параметров, а также графическое отображение показателей чувствительности; многокритериальный анализ и выбор управлений на основе МАИ и модификаций этого метода; автоматический отбор на основе мер Журавлева системы прототипов и экстраполяционное прогнозирование показателей и параметров для новых условий; управляемое обобщение, «сжатие» данных – их группирование в кластеры. Перечисленные задания могут использоваться для различных категорий систем представленных в база данных комплекса ИТРО.

### **Форма рейтинговой оценки объектов**

В соответствии с [1] в ИТРО использована следующая модель рейтинговых оценок

$$R_j = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{X_{\max i} - X_{ij}}{X_{\max i} - X_{\min i}} + \sum_{i=1}^{n_2} \frac{X_{ij} - X_{\min i}}{X_{\max i} - X_{\min i}}, \quad (1)$$

$X_{ij}$  – оценка  $i$  – го показателя для  $j$  – го объекта,  $n_1$  – показатели, требующие повышения значений при рациональном управлении,  $n_2$  – показатели, требующие понижения значений,  $n = n_1 + n_2$ .

### Модели ресурсов в задачах планирования развития систем

При реализации задач оптимального распределения ресурсов в ИТРО используются следующие линейные модели

$$W_j^{(k)} = \sum_{i \in I(k)} \Delta x_{ij}^{(k)} c_{ij}^{(k)} \leq U_j^{(k)} \quad (2)$$

$k$  – категория ресурса  $j$  – го объекта анализа, участвующего в плане,

$c_{ij}^{(k)}$  – удельные затраты ресурса  $W_j^{(k)}$ , отнесенные к изменениям  $X_{ij}$  на единицу,  $k = 1, 2, \dots, m$ .

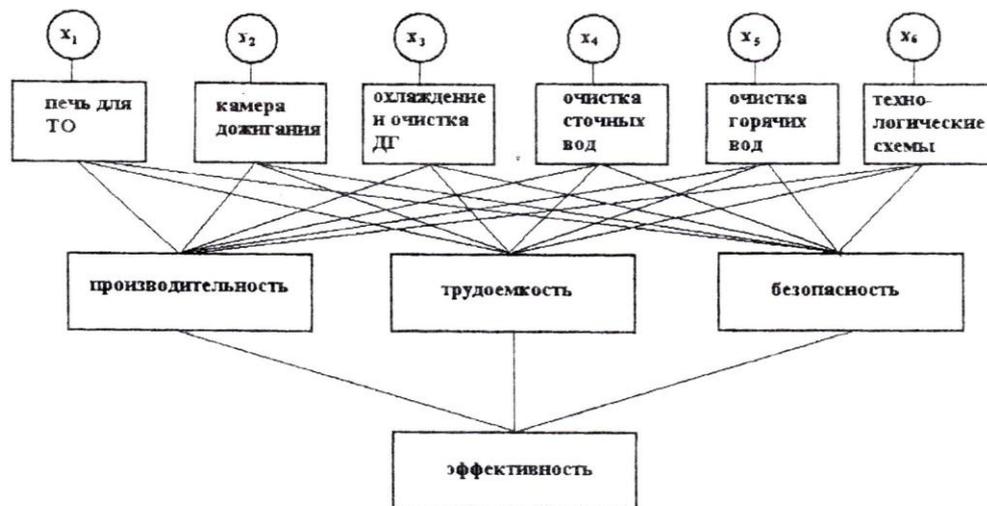


Рис. 1 Иерархическая структура системы обезвреживания отходов.

Примером задачи сравнительного анализа и распределения ресурсов, предусмотренной в ИТРО, является следующая. Считая известными запланированные значения некоторых заданных показателей для части (всех) объектов, необходимо оценить требуемые значения этих же показателей для конкретного объекта так, чтобы он получил общий рейтинг не менее заданного, а также определить уровни необходимых для этого ресурсов.

**Автоматизация принятия решений для выбора управлений на основе метода анализа иерархий**

В настоящее время МАИ [2] становится междисциплинарным направлением, принимает статус стандарта, обеспечивая многокритериальное управление

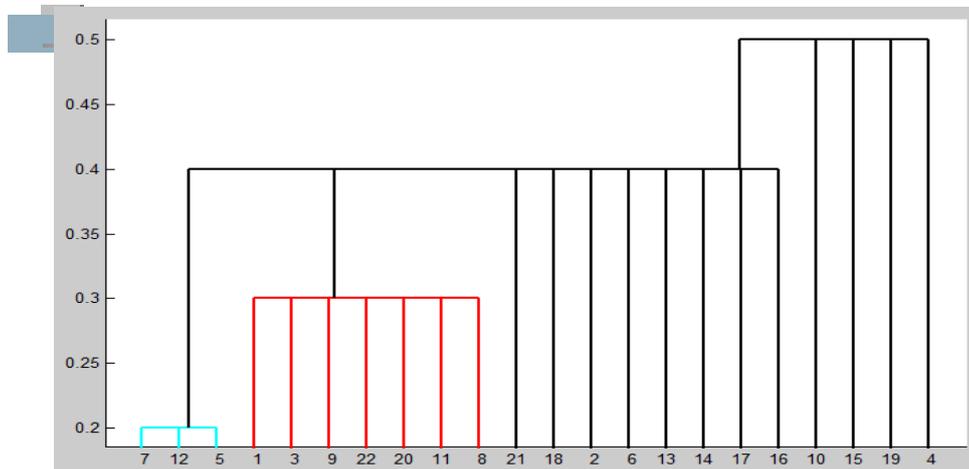


Рис. 2 Дендрограмма представления результатов кластеризации объектов сложными системами. В ИТРО реализована, как стандартная процедура МАИ, так и его сетевая многопользовательская версия, реализующая уточненную процедуру проверки согласованности данных. Такая модификация МАИ связана с

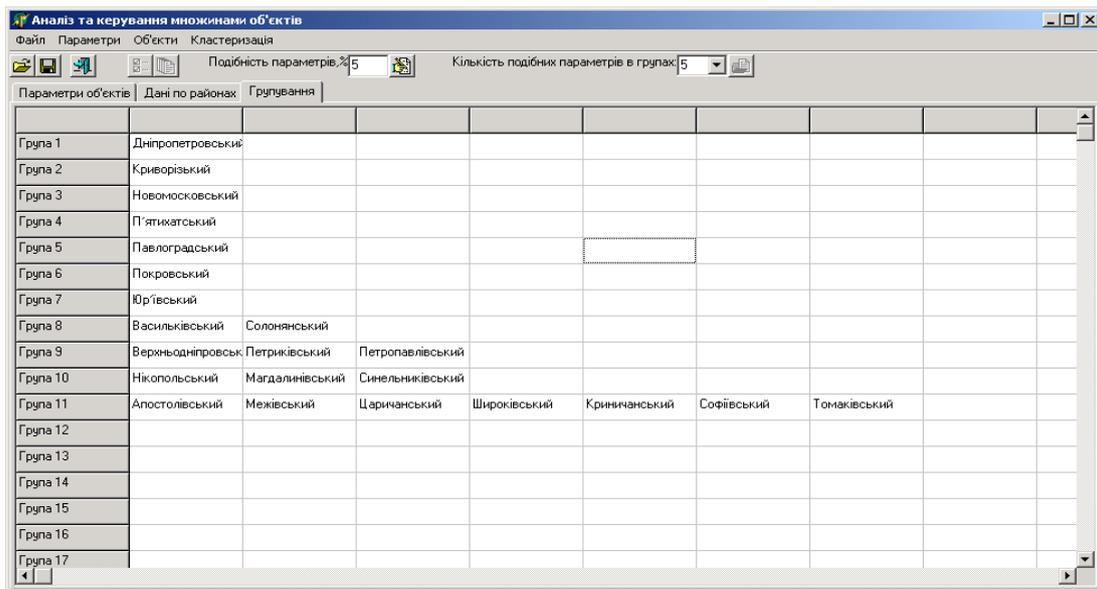


Рис. 3. Окно программы для определения группования объектов (число близких параметров – 5, сформировано групп – 11)

тем, что, как показал численный эксперимент, согласованность для таблиц больших размеров в МАИ *никогда* не может быть достигнута. Это привело к необходимости введения не одной, а нескольких таблиц для расчетов показателей относительной согласованности, уточняющих процедуру МАИ. На рис. 1 приведен пример модели МАИ для многокритериального выбора технологического процесса.

### Задачи анализа и управления наборами подобных объектов

Для управления множествами объектов (персонал, территории, др.) в ИТРО применяются процедуры метода восходящей многоуровневой кластеризации [3]. При этом степень сходства («близости») значений показателей объектов определяется по мере Журавлева [3, 6]. Предлагается применение общей стратегии управления для элементов группы (финансирование, распределение ресурсов, поощрение и др.). На рис. 3 приведен пример окна программы ИТРО с результатами кластеризации многопараметрических объектов.

### Задачи прогнозирования параметров сложных систем на основе эталонов (многомерная линейная экстраполяция)

В ИТРО реализованы задачи автоматических расчетов прогнозных оценок

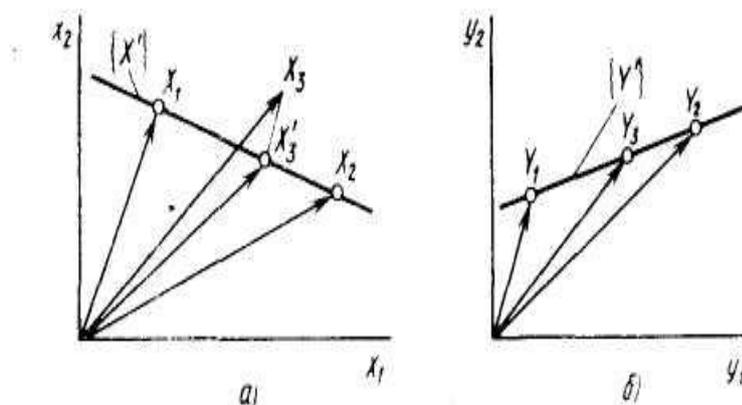


Рис. 4. Схема метода линейной экстраполяции ( а) – пространство ситуаций; б) – пространство решений)

результатирующих показателей *нового варианта системы* с известными значениями части показателей и условий на основе использования нескольких извест-

ных вариантов – эталонов (прототипов). Для этого используется процедура линейной экстраполяции рис. 4 [4], где прототипы отбираются из базы данных автоматически, используя метрику Журавлева и данные об искомом варианте. На рис. 5 показана форма представления результатов экстраполяционного прогноза.

### **Выводы**

В работе развит подход и создана информационная технология управления сложными системами, которые представляются наборами показателей различных категорий. Для сравнительной оценки качества управления применяется модель рейтинга. Реализованы процедуры типовых заданий управления сложными объектами (анализ чувствительности, кластеризация, диагностирование, прогнозирование, распределение ресурсов, многокритериальный выбор и др.).

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Постанова Кабінету Міністрів України № 838 «Про запровадження комплексної оцінки соціально-економічного розвитку Автономної Республіки Крим, областей, м. Києва та Севастополя» від 20 червня 2007 р.
2. Саати Т., Кернес Е. Метод Анализа Иерархий.. – М.: Радио и связь, 1991. – 352 с.
3. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2003. – 384 с.
4. Растрингин Л.А., Пономарев Ю.П. Экстраполяционные проектирования и управления. – М.: Машиностроение, 1986. – 120 с.
5. Кренке Д. Теория и практика построения баз данных. – Москва – Санкт Петербург – Киев, Питер, 2003. - 799 с.
6. Лысенко Ю.Г., Тимохина В.Н. и др. Проблемы управления экономическими системами, кн 1, кН.2. – Донецк: Юго-Восток, 2007. – 222 с.

Скалозуб Владислав Васильевич, д.т.н., проф., зав. кафедри КИТ Днепропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

Андрющенко Вадим Александрович, к.т.н., доцент кафедри КИТ ДНУЗТ.

Разумов Сергей Юрьевич, ст. преп. кафедри КИТ ДНУЗТ.

Скалозуб Марина Владиславовна – аспірант ДНУЗТ.

Фокша Константин Сергеевич, ассистент кафедри КИТ ДНУЗТ,

Швец Олег Михайлович, ст. преп. кафедри КИТ ДНУЗТ.

УДК 629.4

Скалозуб В.В., Андрющенко В.А., Разумов С.Ю., Скалозуб М.В., Фокша К.С., Швец О.М. **Информационная технология диагностирования, прогнозирования и управления устойчивым развитием сложных систем на основе рейтинговых оценок** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 1 (70). – Днепропетровск, 2011. – с. 1 – 9.

Разработана информационная технология и создан программный комплекс на основе MS SQL Server, автоматизирующий задачи многокритериального управления сложными системами на основе рейтинговых оценок.

Библ. 6, ил. 5.

УДК 629.4

Скалозуб В.В., Андрющенко В.О., Разумов С.Ю., Скалозуб М.В., Фокша К.С., Швець О.М. **Інформаційна технологія діагностування, прогнозування та управління стійким розвитком складних систем на основі рейтингових оцінок** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. – Випуск 1 (70). – Дніпропетровськ, 2011. – с. 1 – 9.

Розроблено інформаційну технологію та створено програмний комплекс на основі MS SQL Server, який автоматизує завдання багатокритеріального управління складними системами на основі рейтингових оцінок.

Бібл. 6, іл. 5.

UDK 629.4

Skalozub V.V., Andrushenko V.A., Razumov S.Y., Skalozub M.V., Foksha K.S., Shveth O.M. **Information technology diagnosis, prognosis and management of sustainable development of complex systems on the basis of ratings** // System technologies. Regional mezhvuzovskiy collection of the studies. – Release 1 (70). – Dnepropetrovsk, 2011. – p. 1 – 9.

Developed information technology and created a software package based on MS SQL Server, which automates the task of managing complex multi-systems based on rating.

Bibl. 6, silt. 5.