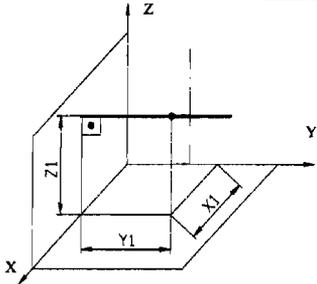


o26	<p>Перпендикулярность оси относительно плоскости комплекта и координаты точки на плоскости относительно системы координат комплекта, проходящей по плоскостям и оси не лежащей в плоскостях</p>	
...

ЛИТЕРАТУРА

1. **Беляков Н.В., Махаринский Е.И.** Формализация проектирования схемы базирования заготовок корпусных деталей машин // *Машиностроение: Сб. научн. трудов.* Вып. 17. Под ред. **И.П. Филонова.** Мн., 2001. С. 97-101.
2. **Беляков Н.В., Махаринский Е.И.** Проблема синтеза схем базирования в современных САПР ТП и пути ее решения // *Тезисы докладов XXXIV научно-технической конференции преподавателей и студентов.* Витебск, 2001. С. 72.
3. **Беляков Н.В., Погребняк Ю.С.** Обеспечение точности базирования при обработке корпусных деталей машин // *Материалы докладов и сообщений VIII студенческой научной конференции в 2-х частях.* Ч.1. Мозырь, 2001. С. 57-59.

S U M M A R Y

The questions of unambiguity of orientation and sufficiency of the task of the admissions of relative turns of the main surfaces of functional modules of case details concerning complete sets of nominal surfaces are considered. The formal technique of synthesis of the circuits of basing at machining case details allowing to nominate complete sets of technological bases so that to exclude errors of the circuit of basing and to supply the requirements, given by the drawing, of relative turns of the main surfaces of functional modules is stated.

Поступила в редакцию 22.05.2002

УДК 53

И.В. Максимей, Л.И. Короткевич, В.А. Короткевич

Программно-технологический комплекс построения регрессионных моделей динамики целевых свойств в интеллектуальной среде исследования

Конечной целью работы любой интеллектуальной системы является принятие эффективных практических решений. И чем сложнее объект исследования, тем более многоплановыми, структурированными и сбалансированными должны быть соответствующие решения. Наиболее актуально проблема

разработки таких решений стоит перед исследователями объектов, входящих в системы деятельности человека.

В основании системы исследования таких объектов должна лежать интеллектуальная среда [1], обеспечивающая разработчика проблемы необходимыми знаниями и рекомендациями на каждом этапе исследования. Одной из важнейших составляющих интеллектуальной среды должна быть подсистема построения регрессионных моделей изменения целевых свойств исследуемой системы в зависимости от объясняющих (контролируемых и управляемых) факторов. Сформированная с использованием многоаспектных статистических данных и экспертных мнений соответствующая сеть причинно-следственных взаимосвязей факторов изменения объектов исследуемой системы позволяет оценить параметры наиболее эффективных управлений и тем самым сориентировать исследователя на выбор спектра возможных мероприятий.

Оценка динамики целевого свойства объекта системы, включающей человека в качестве объекта (подобъекта), связана с рядом проблем:

1. Отсутствует достаточное число прямых оценок целевого свойства в разные периоды времени по разным типам объектов.

2. Отсутствует однозначная аналитическая взаимосвязь между объясняющими признаками и целевым свойством.

3. Измерение целевого свойства и ряда объясняющих признаков является дорогостоящим и не позволяет строить большие обучающие выборки для построения регрессионных уравнений.

4. Динамика целевого свойства существенно дифференцирована в зависимости от типов объектов и частных условий формирования целевого свойства.

В таких случаях стандартные методы регрессионного анализа и анализа временных рядов не позволяют получать эффективные результаты. В связи с этим предлагается специальная технология комплексного моделирования динамики целевых свойств объекта, опирающаяся на ряд вспомогательных моделей оценки значений факторов.

Основные функции программно-технологического комплекса. На рис. 1 представлена функциональная схема программно-технологического комплекса МАДИС (Многомерный Анализ Динамики Системы) (ПТК МАДИС).

В ПТК МАДИС реализованы следующие функции:

1. Создание единой базы данных предметной области на основе разнотипных файлов статистической информации.

2. Построение концептуальной модели в рамках выбранной предметной области.

3. Восстановление неизмеренных значений признаков исследуемых объектов.

4. Классификация объектов.

5. Построение картины динамики целевых свойств на фоне объясняющих признаков.

6. Классификация картин динамики целевых свойств на фоне объясняющих признаков.

7. Построение регрессионных моделей изменения целевых свойств по периодам.

8. Формирование спектра оптимальных управлений.

Реализация ПТК МАДИС осуществлена в среде C++ Builder 3.0 с использованием средств визуального проектирования программ и технологии «клиент-сервер». Для выполнения стандартных функций статистической обработки данных используется программная система Statistica 5.0, которая динамически вызывается из ПТК МАДИС. Предварительно ПТК МАДИС формирует файл на языке SCL (Statistica Command Language), в котором описывается технологическая цепочка действий, автоматически реализуемых программой Statistica.

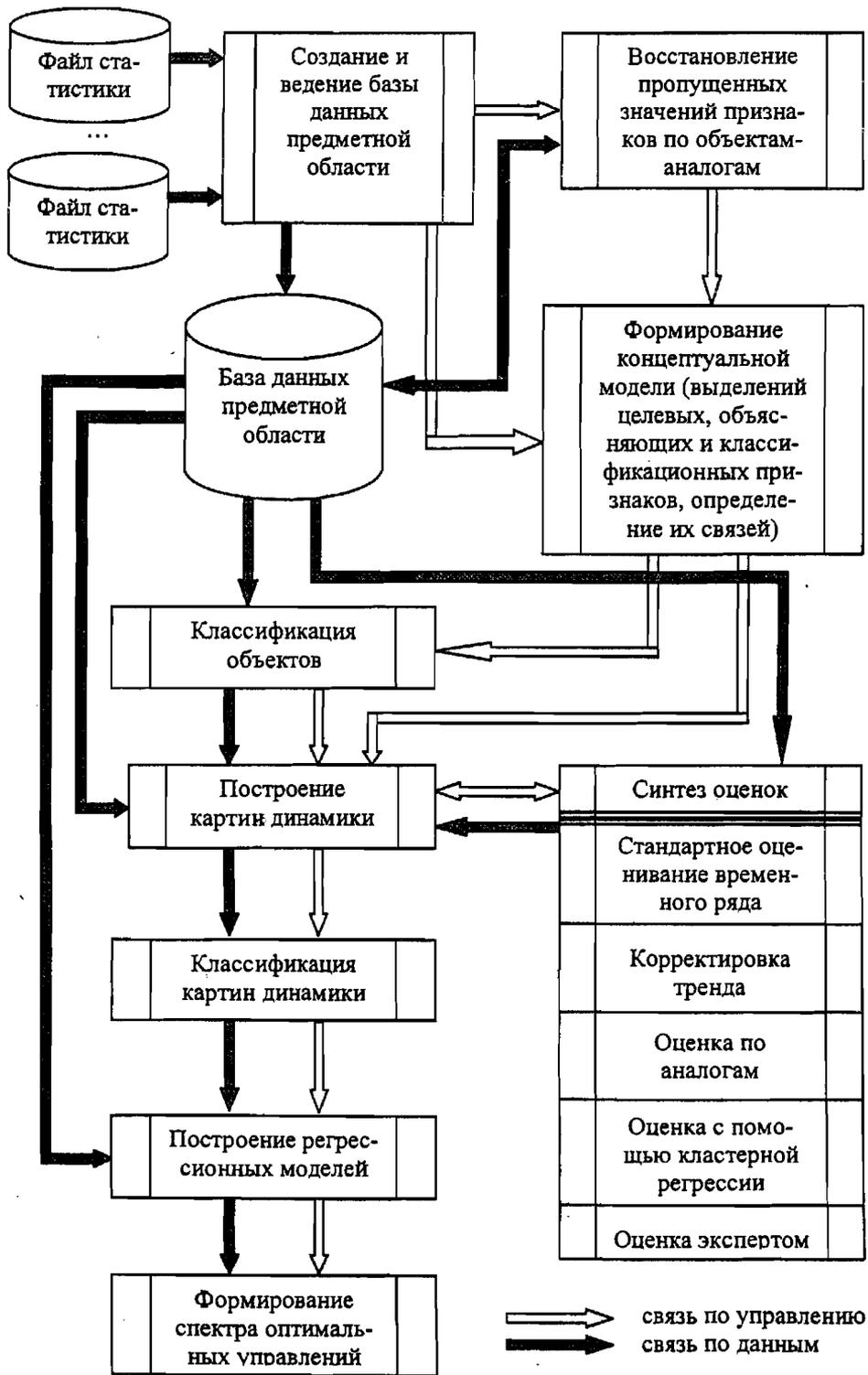


Рис. 1. Технология реализации функций ПТК МАДИС

Технология комплексного моделирования динамики целевых свойств объекта. В предлагаемой технологии реализация перечисленных функций представлена следующими этапами исследования.

1. Создание единой базы данных предметной области. Для выполнения комплексного моделирования динамики целевых факторов могут быть привлечены статистические данные самой различной природы. Эти данные могут быть собраны разными исследователями, и представлены в различных форматах (dBase, Excel, Paradox, Access и другие). В связи с этим становится практически невозможным создание универсальной программной системы по оценке динамики целевых свойств и объясняющих факторов в различных предметных областях в предположении, что система должна настраиваться на формат файлов статистики. Поэтому предлагается определить стандарт, которому должна подчиняться структура баз данных статистики и реализовать средства приведения реальных баз данных к этому стандарту.

Будем считать, что исследуемую систему можно рассматривать как совокупность N типов объектов, статистических данных о признаках объектов и определений иерархической связи между объектами. Тогда, предлагаемая ниже универсальная модель реляционной базы данных статистической информации по произвольной предметной области представляет собой взаимосвязанную систему реляционных таблиц данных следующих трех типов:

- 1) таблиц данных, определяющих исследуемые объекты $O_i, i = \overline{1, N}$, и имеющих следующую структуру: код объекта (CO_i), наименование объекта (NO_i), любая дополнительная информация (в частности, ссылка на объект высшего уровня (его код CO_j или наименование NO_j));
- 2) таблиц данных со значениями признаков объектов $P_{ij}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M_i}$, имеющих следующую структуру: код объекта (CO_i), значение признака (VP_{ij}), временная отметка (TP_{ij}) для динамических признаков или отсутствие ее для статических признаков;
- 3) таблиц данных для каждой пары иерархически взаимосвязанных объектов различных типов, имеющих следующую структуру: код родительского объекта (CO_i) и код подчиненного объекта (CO_j), в предположении, что между i -ым и j -ым объектами существует связь «один ко многим».

Такая стандартизация форматов баз статистических данных позволила создать универсальную программную систему статистической обработки. В то же время использование операций реляционной алгебры, которые в виде языка SQL присутствуют сейчас в большинстве систем разработки приложений баз данных, позволяет сформировать запросы для построения статистических файлов любой производной структуры, пригодных для любых исследований в рамках данной предметной области. Кроме того, такая структура дает возможность распространять значения признаков объектов по иерархическому дереву.

ПТК МАДИС предоставляет пользователю средства создания и ведения такой базы данных. Обеспечивается возможность давать четкие смысловые названия для таблиц данных объектов и признаков объектов, однозначно определяющие информацию, содержащуюся в этих таблицах данных. В результате исследователь общается с комплексом на понятном ему языке.

2. Выбор направления исследования в рамках предметной области и построение концептуальной модели. В результате проведения данного этапа исследования должна быть сформирована концептуальная модель ис-

следуемой области, в которой будут указаны взаимосвязи признаков. Целевыми назовем свойства (ЦС), которые соответствуют факторам, по которым будем принимать решения. Объясняющими назовем признаки, поведение которых определяет динамику целевых свойств. Объясняющие признаки можно разделить на контролируемые, не зависящие от субъекта управления (погодно-климатические условия, параметры макроэкономической ситуации и т.п.), и управляемые, путем воздействия на которые можно улучшить функционирование системы.

В связи с неоднородностью системных объектов и существенными различиями в поведении целевых и объясняющих признаков в различных группах объектов предлагается всю совокупность объектов разбивать на группы однородных в некотором смысле объектов. Признаки, на основании значений которых осуществляется разбиение на группы, назовем классификационными. В качестве таких признаков выступают стабильные показатели условий формирования целевого свойства. Например, для типологизации людей могут применяться такие классификационные признаки как пол, возраст, профессия.

3. Восстановление неизмеренных значений признаков для привлечения к исследованию максимально возможной имеющейся информации из базы данных проблемной области. Если мы оцениваем целевое свойство в предположении, что $ЦС = F(P_1, P_2, \dots, P_M)$, где P_i ($i = 1, M$) – объясняющие признаки, то для получения регрессионной модели мы должны иметь множество кортежей $(ЦС, P_1, P_2, \dots, P_M)$, где значения $ЦС, P_1, P_2, \dots, P_M$ измерены у одного и того же объекта в одно и то же время. Отсутствие замера хотя бы одного из параметров в некотором кортеже делает невозможным использование всех других измеренных данных из него.

Таким образом, актуальной является разработка технологии и программного обеспечения восстановления значений неизмеренных признаков, что позволило бы существенно расширить статистическую информацию для построения результирующего регрессионного уравнения динамики целевого свойства. Для решения такой задачи в ПТК МАДИС используется метод восстановления значений, позволяющий восстанавливать пропущенные значения некоторого признака с учетом его динамики у объектов-аналогов.

Чтобы восстановить пропущенное значение некоторого признака исходного объекта O_i в момент времени t_k для него подбирается несколько объектов-аналогов. Аналогами будем считать объекты с наличием в заданном временном интервале прямой оценки данного признака, близкие по динамическим признакам и тенденции динамики целевого свойства.

Первоначально необходимо выбрать признаки, которые будут использоваться в качестве признаков фильтрации, определить так называемые функции близости и выбрать для каждой такой функции пороги фильтрации. Под функциями близости $\rho_f, f = \overline{1, N_f}$, двух объектов одного типа будем понимать функции, определяющие расстояние (показатель близости) между парами объектов (в некоторой метрике), рассчитанное по значениям признаков, измеренным у обоих объектов. Метрики и пороговые значения расстояния, определяющие близость объектов, вводятся в зависимости от условий конкретной задачи – шкал, в которых признаки измерены, количества пропусков и так далее. Чтобы унифицировать значения, возвращаемые разными функциями близости, предлагается осуществлять нормировку этих значений на отрезок $[0, 1]$ так, чтобы полная близость двух объектов выражалась значением 1.

Далее по каждой функции близости определяется показатель близости каждого объекта $O_j, j = \overline{1, N}, j \neq i$, исходному объекту O_i . При определении

показателя близости предлагается учитывать динамику изменения восстанавливаемого признака у всех объектов, т.е. для функций близости вводить весовые функции (объекты, измеренные по этому признаку в ближайшие к t_k моменты времени, при прочих равных условиях должны иметь больший показатель близости). Затем формируется множество, содержащее объекты, являющиеся локальными аналогами хотя бы по одной функции близости. Для каждого объекта из этого множества вычисляется глобальный показатель близости объектов как взвешенная сумма показателей близости по всем функциям близости. В качестве глобальных аналогов отбираются объекты, для которых значение глобального показателя близости больше некоторого порогового значения.

Результирующий прогноз признака $P_{ij}(t_k)$ осуществляется путем расчета средневзвешенного среднего по совокупности аналоговых предсказаний данного признака у глобальных объектов-аналогов. Формула прогноза имеет вид:

$$P_{ij}(t_k) = \frac{\sum_{s=1}^{N_a} \omega_s \cdot PA_{sj}(t_k)}{\sum_{s=1}^{N_a} \omega_s}, \quad (1)$$

где $PA_{sj}(t_k)$ – аналоговое предсказание j-го признака у s-го объекта-аналога в момент времени t_k , ω_s – вес аналогового предсказания s-го объекта-аналога.

Аналоговое предсказание – это решение пропорции, составленной из значений восстанавливаемого признака данного объекта и объекта-аналога за ближайший временной интервал с известной прямой оценкой этого признака и из значения этого признака у объекта-аналога за текущий временной интервал.

4. Классификация объектов. Если классификационные признаки только качественные с минимальным набором градаций (лучше бинарные), то классификацию рекомендуется проводить согласно следующей схеме: берутся все альтернативы и объединяются по показателю близости динамик за все годы. Если в классификационные признаки входят количественные признаки или количество градаций больше 2, то целесообразно применение кластерной регрессии на этапе построения регрессионной модели.

5. Построение картины динамики целевых свойств на фоне объясняющих признаков. Данный этап исследования предназначен для выявления закономерностей согласованного изменения признаков системных объектов по статистическим данным. При использовании ПТК МАДИС обеспечивается не только визуализация динамики отдельных признаков, но и:

- однородность объектов, динамика параметров которых визуализируется;
- корректность операции сравнения (совместного расположения) графиков динамик параметров;
- структуризация на картинке визуализируемых признаков согласно их держателю назначению (целевой признак, объясняющий признак, классификационный признак);
- удобство интерпретации графиков, приведенность масштабов, соответствие временных засечек значений признаков.

Картины динамики целевых свойств на фоне объясняющих признаков представляют собой тренды изменения средних всех этих признаков в каждом классе исследуемых объектов. Если у исследователя нет доверия к некоторым показателям, т.е. точность некоторого признака не достигается, предлагается осуществлять поэтапную реализацию спектра модулей восстановления временных рядов значений признаков с целью повышения объемов выборок и обеспечения их репрезентативности. Решается задача: на основе измерения

и оценок данного признака и других связанных с ним признаков построить модель его динамики, оптимальным образом (в смысле точности, устойчивости и ресурсоемкости измерений), синтезирующей в себе различные модели из спектра оценок: модель стандартного статистического оценивания тренда временного ряда (оценка среднего, доверительного интервала, сглаживания и т.д.); модель коррекции группового тренда признака с учетом индивидуальных динамик [2]; модель уточнения оценки признака путем учета закономерностей его динамики у объектов-аналогов [3]; кластерно-регрессионная модель уточнения оценки признака, учитывающая его связи с другими признаками; оценка признака непосредственно экспертом. Учитывая сложность задачи оценки признака, а также принципиальную неопределенность статистической аппроксимации, предлагается: построить несколько моделей оценивания, опирающихся на разные закономерности формирования оцениваемого признака и его проявления (при этом должна быть обоснована необходимость каждой оценки и подтверждена достаточность подготовленного набора моделей); принять решение о восстановлении значений этого признака для конкретных объектов путем синтеза групп альтернативных значений, порожденных соответствующими моделями. Суть идеи такого синтеза состоит в выделении максимального набора групповых альтернатив, обеспечивающих оптимум функционалу совокупной согласованности оценок.

6. Классификация картин динамики целевых свойств на фоне объясняющих признаков. В ПТК МАДИС анализ системной динамики осуществляется исследователем визуально на основе построенных картин динамики. Дополнительно, определяется расстояние между двумя классами K_1 и K_2 по формуле:

$$\rho(K_1, K_2) = \frac{\sum_{j=1}^{CJ} \sum_{g=g_{\min}}^{g_{\max}} I(j, g, K_1, K_2) \cdot |\bar{C}_{g, K_1}^j - \bar{C}_{g, K_2}^j|}{\sum_{j=1}^{CJ} \sum_{g=g_{\min}}^{g_{\max}} I(j, g, K_1, K_2)} \cdot \frac{\sum_{j=1}^{OJ} \sum_{g=g_{\min}}^{g_{\max}} I(j, g, K_1, K_2) \cdot |\bar{O}_{g, K_1}^j - \bar{O}_{g, K_2}^j|}{\sum_{j=1}^{OJ} \sum_{g=g_{\min}}^{g_{\max}} I(j, g, K_1, K_2)}, \quad (2)$$

где CJ – количество целевых признаков, \bar{C}_{g, K_i}^j – среднее значение j -го целевого признака в году g у класса K_i , OJ – количество объясняющих признаков, \bar{O}_{g, K_i}^j – среднее значение j -го объясняющего признака в году g у класса K_i , g_{\min}, g_{\max} – минимальный и максимальный года, за которые имеются статистические данные,

$$I(j, g, K_1, K_2) = \begin{cases} 1, & \text{если } |A_{K_1}^{j, g}| \cdot |A_{K_2}^{j, g}| > 0, \text{ где } |A_{K_i}^{j, g}| \text{ – мощность } K_i \text{ класса по} \\ & \text{j-му признаку за g-й год} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Если исследователь на основе визуального анализа картин динамики считает, что динамика двух каких-либо классов идентична, и это подтверждается относительно небольшим расстоянием между этими классами, то предлагается объединять такие классы в один обобщенный класс. В результате такого анализа исследователь получает условия разбиения объектов на однотипные группы, динамика системных факторов внутри которых однотипна, а различия межгрупповых динамик существуют. Это позволяет давать прогнозные оценки и рекомендации в группах в предположении, что они однородны. После-

дующие этапы технологии предполагают проведение исследования в полученных группах объектов, имеющих схожую динамику целевых и объясняющих признаков.

7. Построение регрессионных моделей изменения целевых свойств по периодам. Предварительно эксперт на основе картин динамики целевых свойств на фоне объясняющих признаков выделяет периоды с качественно различным характером изменения целевых и объясняющих признаков (чередование периодов роста, незначительного роста, стабилизации, незначительного падения, падения) по каждому классу объектов. Далее регрессия осуществляется по каждому такому периоду.

Рассмотрим изменения некоторого типа объектов за период времени $[t_1, t_2]$. Пусть имеется статистическая информация о N_{t_1} объектах в момент времени t_1 и о N_{t_2} объектах в момент времени t_2 . Исследуются M_y целевых и M_x объясняющих признаков.

Для каждого объекта, по которому имеется информация на момент времени t_1 , среди объектов, измеренных в момент времени t_2 , по ряду показателей близости объектов подбирается группа объектов-аналогов. В идеальном случае этот же объект может быть измерен в момент времени t_2 . В таком случае объекты-аналоги не ищутся.

Для каждого i -го объекта выборки момента времени t_1 и по каждому целевому признаку рассчитываются три показателя изменения значения этого целевого признака с момента времени t_1 к моменту времени t_2 :

$$\Delta Y_i(t_1, t_2) = (\Delta Y_{i,0.25}(t_1, t_2), \Delta Y_{i,0.5}(t_1, t_2), \Delta Y_{i,0.75}(t_1, t_2)) \quad \text{или}$$

$$\Delta Y_i(t_1, t_2) = (Y_{i,0.25}(t_2) - Y_i(t_1), Y_{i,0.5}(t_2) - Y_i(t_1), Y_{i,0.75}(t_2) - Y_i(t_1)), \quad (3)$$

где $Y_i(t_1)$ – значение целевого признака у i -го объекта в момент времени t_1 ; $Y_{i,0.25}(t_2)$ – значение нижнего квартиля этого же целевого признака в момент времени t_2 , рассчитанное для группы объектов-аналогов; $Y_{i,0.5}(t_2)$ – значение медианы; $Y_{i,0.75}(t_2)$ – значение верхнего квартиля.

Т.е. для вектора значений целевых свойств Y_i формируется вектор его изменения у i -го объекта: $\Delta Y_i(t_1, t_2)$. Иными словами, переход целевого свойства i -го объекта с момента времени t_1 на момент времени t_2 в связи с объективной неопределенностью объекта-аналога характеризуется размытым дискретным множеством в виде тройки чисел.

Аналогично, среди объектов, измеренных в момент времени t_1 , подбирается группа объектов-аналогов для каждого j -го объекта, по которому имеется информация на момент времени t_2 , и для вектора значений целевых свойств Y_j формируется вектор его изменения у j -го объекта $\Delta Y_j(t_2, t_1)$:

$$\Delta Y_j(t_2, t_1) = (Y_j(t_2) - Y_{j,0.25}(t_1), Y_j(t_2) - Y_{j,0.5}(t_1), Y_j(t_2) - Y_{j,0.75}(t_1)).$$

Таким же образом формируются векторы изменений объясняющих признаков $\Delta X_i(t_1, t_2)$ и $\Delta X_i(t_2, t_1)$.

В конечном итоге для каждого i -го объекта ($i = \overline{1, N_{t_1}}$) при переходе с момента времени t_1 к моменту времени t_2 получим вектор изменения целевых свойств Y и вектор изменения объясняющих признаков X :

$$\begin{aligned}\Delta Y(t_1, t_2) &= (\Delta y_{1,i}(t_1, t_2), \dots, \Delta y_{\nu,i}(t_1, t_2), \dots, \Delta y_{M_y,i}(t_1, t_2)) \\ \Delta X(t_1, t_2) &= (\Delta x_{1,i}(t_1, t_2), \dots, \Delta x_{\mu,i}(t_1, t_2), \dots, \Delta x_{M_x,i}(t_1, t_2)).\end{aligned}$$

А для каждого j -го объекта ($j = \overline{1, N_{t_2}}$) при переходе с момента времени t_2 к моменту времени t_1 получим:

$$\begin{aligned}\Delta Y(t_2, t_1) &= (\Delta y_{1,j}(t_2, t_1), \dots, \Delta y_{\nu,j}(t_2, t_1), \dots, \Delta y_{M_y,j}(t_2, t_1)) \\ \Delta X(t_2, t_1) &= (\Delta x_{1,j}(t_2, t_1), \dots, \Delta x_{\mu,j}(t_2, t_1), \dots, \Delta x_{M_x,j}(t_2, t_1)).\end{aligned}$$

Затем для оценки изменения целевых признаков строим две нелинейные регрессионные модели со взвешиванием (для перехода с момента времени t_1 к моменту времени t_2 и наоборот):

$$\begin{aligned}\Delta y_{\nu}(t_1, t_2) &= f_{\nu_{12}}(y_{\nu}(t_1), X^{\nu}(t_1), \Delta X^{\nu}(t_1, t_2)), \\ \Delta y_{\nu}(t_2, t_1) &= f_{\nu_{21}}(y_{\nu}(t_2), X^{\nu}(t_2), \Delta X^{\nu}(t_2, t_1)),\end{aligned}$$

где $\{X^{\nu}\} \subset \{X\}$, $\{X^{\nu}\}$ – множество объясняющих признаков, которые объясняют целевое свойство y_{ν} , $\{X\}$ – множество всех объясняющих признаков.

Будем считать, что $\{X^{\nu}\} = \{C^{\nu}\} \cup \{Z^{\nu}\} \cup \{U^{\nu}\}$, где $\{C^{\nu}\}$ – классификационные признаки, $\{Z^{\nu}\}$ – контролируемые признаки, $\{U^{\nu}\}$ – управляемые признаки.

В связи с тем, что оценки изменений i -го объекта при переходе от момента времени t_1 к моменту времени t_2 по целевому признаку y_{ν} и объясняющему признаку x_{μ} описываются размытыми множествами в виде троек квантильных значений, в корреляционном поле $(\Delta x, \Delta y)$ этот объект будет представлен девяткой точек с весами, указанными на рис. 2. В случае, если i -ый объект измерялся и в момент времени t_2 , он в корреляционном поле будет представлен традиционным образом в виде одной точки с весом 1.

Критериями оптимизации для построенных регрессионных моделей являются:

- 1) регрессионное отклонение $\delta(f_{\nu_{12}}) \rightarrow \min$;
- 2) регрессионное отклонение $\delta(f_{\nu_{21}}) \rightarrow \min$;
- 3) устойчивость функций регрессии $\alpha(f_{\nu_{12}}, f_{\nu_{21}}) \rightarrow \min$, где

$$\alpha(f_{\nu_{12}}, f_{\nu_{21}}) = \left(\sum_{i=1}^{N_{t_1}} |\rho_i| + \sum_{j=1}^{N_{t_2}} |\rho_j| \right) / (N_{t_1} + N_{t_2}), \quad (4)$$

где

$$\rho_i = f_{\nu_{12}}(y_{\nu,i}(t_1), x_i^{\nu}(t_1), \Delta x_i^{\nu}(t_1, t_2)) - f_{\nu_{21}}(y_{\nu,j(i)}(t_2), x_{j(i)}^{\nu}(t_2), \Delta x_{j(i)}^{\nu}(t_2, t_1));$$

$\rho_j = f_{v_{21}}(y_{v,j}(t_2), x_j^v(t_2), \Delta x_j^v(t_2, t_1)) - f_{v_{12}}(y_{v,i(j)}(t_1), x_{i(j)}^v(t_1), \Delta x_{i(j)}^v(t_1, t_2));$
 $y_{v,j(i)}$ – ближайшая j -ая точка в момент времени t_2 выборки признаков y_v к значению $y_{v,i}(t_1) + f_{v_{12}}(y_{v,i}(t_1), x_i^v(t_1), \Delta x_i^v(t_1, t_2));$ $y_{v,i(j)}$ – ближайшая i -ая точка в момент времени t_1 выборки признаков y_v к значению $y_{v,j}(t_2) + f_{v_{21}}(y_{v,j}(t_2), x_j^v(t_2), \Delta x_j^v(t_2, t_1)).$

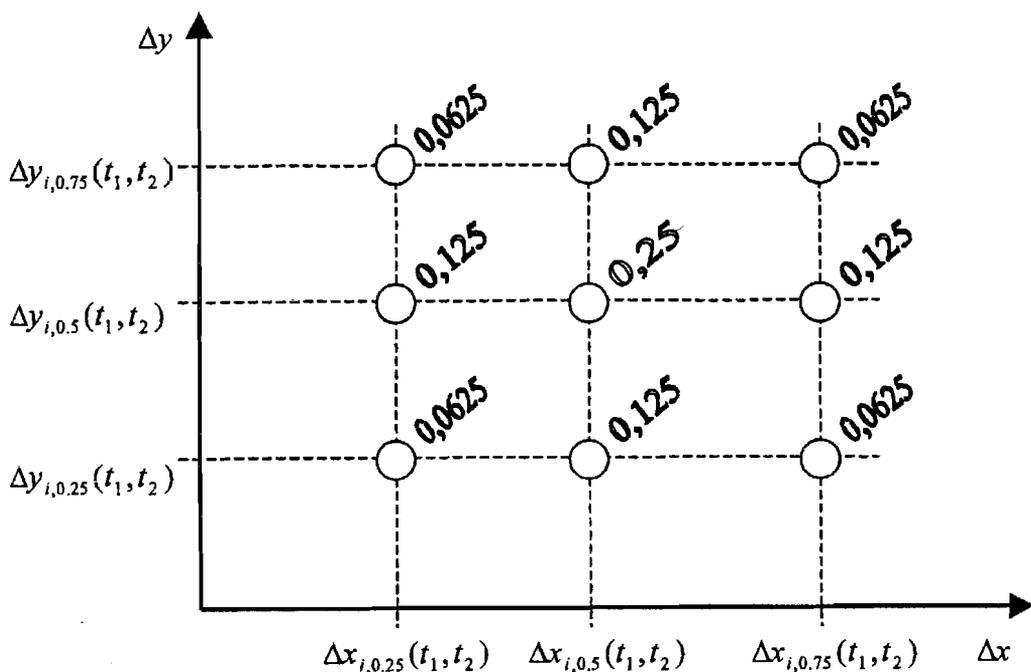


Рис. 2. Веса десятки точек представления i -го объекта в корреляционном поле $(\Delta x, \Delta y)$

8. Формирование спектра оптимальных управлений. После того, как по выделенным целевым свойствам будут получены соответствующие регрессионные модели и определены веса влияния изменений контролируемых и управляемых факторов на изменение целевых свойств, решается задача выделения наиболее оптимальных вариантов сочетаний управляемых параметров. При этом предварительно осуществляется прогноз изменения контролируемых факторов, для чего может быть использованы либо инерционная модель прогноза, либо синтез ряда моделей прогноза динамики контролируемых факторов согласно методике, описанной выше. Иногда контролируемые признаки могут быть непредсказуемы (например, погодно-климатические условия в предстоящем сезоне). В таком случае предлагается несколько альтернативных вариантов прогноза. Подбор оптимальных сочетаний управляющих признаков осуществляется путем решения соответствующей оптимизационной задачи с критерием эффективности в виде максимального выигрыша в изме-

нении целевых свойств в положительную сторону при фиксированном ограничении ресурсов на изменение управляющих факторов. Полный спектр вариантов оптимального управления формируется исследователем по итогам интерпретации решений ряда подобных оптимизационных задач, в которых варьируется ограничение на используемые ресурсы управляемых параметров. Предполагается, что за каждым таким вариантом исследователь подразумевает некоторый перспективный набор реальных мероприятий по улучшению состояния исследуемого социального объекта.

Таким образом, разработанные технология и средства построения моделей объяснения изменений целевых свойств системы, реализованные авторами в программной системе МАДИС, можно рассматривать как инструмент, который подсказывает пользователю на каких управляющих воздействиях или мероприятиях ему следует остановиться в первую очередь и дает предварительную оценку эффективности этих мероприятий. Предложенная в работе технология комплексного моделирования динамики целевых свойств объекта была апробирована в ходе анализа данных скрининга показателей здоровья у жителей загрязненных территорий Гомельской области в Гомельском филиале НИКИ РМиЭ. Результаты апробации показали работоспособность предложенного аппарата оценки динамики целевого свойства и позволили специалистам выявить картину влияния изменений показателей социально-экономического и психологического факторов на изменение здоровья различных категорий сельских жителей. Полученные результаты дают возможность скорректировать существующую систему медико-профилактических мероприятий и обеспечить более эффективное оздоровление населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Большакова Г.И., Короткевич Л.И., Мережа В.Л., Осипенко Н.Б.** Об интеллектуальной среде управления активной системой // Материалы I Международной научной конференции «Вычислительные методы и производство: реальность, проблемы, перспективы». Гомель, 1998. С. 7-8.
2. **Короткевич Л.И., Осипенко Н.Б.** Корректировка тренда временного ряда с учетом индивидуальных изменений // Материалы международной научной конференции SAATS-97 «Статистический и прикладной анализ временных рядов». Брест, 1997. С. 5-6.
3. **Короткевич Л.И.** Метод восстановления значений целевого свойства путем учета закономерностей его динамики у объектов-аналогов // Материалы республиканской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Новые компьютерные технологии в науке, технике, производстве и индустрии развлечений». Гомель, 1998. С. 104-105.

S U M M A R Y

This article contains information about organization of multidimensional statistic analysis of dynamic systems and describe technology of complex-modeling target system properties. Also, this article, describes main functional of developed software-technological complex, such as: creation of common database based on different types of statistic files; conceptual modeling creation process; restore of unmeasured values of tags of investigated objects; objects classification; building of picture speakers of target characteristics on the background of explaining signs; classification of picture speakers of target characteristics on the background of explaining signs; creation of target properties changes regression models inside time intervals and creation of a spectrum of optimum control.

Поступила в редакцию 25.10.2001