УДК 33

РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОСНОВЕ РЕКУРРЕНТНЫХ СХЕМ

Барышников А.В.

При построении ситуационных экспертных систем (СЭС), предназначенных для анализа состояний сложных объектов управления и выработки управляющих воздействий, основной задачей является выбор языка описания предметной области. В развиваемых в настоящее время подходах к проектированию гибридных баз знаний, появилась необходимость организации доступа к базам данных. А также необходимость использования таких языков представления, которые бы в рамках одного формализма позволяли бы описывать неоднородные модели предметной области. Одним из подходов к описанию такого рода моделей является описание в форме нечетких ситуационных и ситуационно-фреймовых сетей [1 – 7].

В общем случае, технологический процесс – последовательность действий (подпроцессов), направленная на получение заданного результата. Системы управления, построенные на принципах управления функциями, представляют собой иерархическую пирамидальную структуру подразделений, сгруппированных по выполняемым функциям. Под функциональным подразделением можно понимать группу экспертов в данной функциональной области. В организациях, построенных по данному принципу, управление осуществляется на административно-командных принципах. Другим подходом построения систем управления является управление потоками работ или процессами, составляющими деятельность предприятия. Процессное подразделение включает в себя координатора – владельца процесса и исполнителей из различных функциональных областей, сгруппированных по принципу единства результата технологического процесса. Процессный подход позволяет рассматривать деятельность организации как связанную систему технологических процессов, каждый из которых протекает во взаимосвязи с другими или внешней средой. Практика показывает, что система управления, построенная на принципах процессного управления, является более эффективной и результативной по сравнению с равной ей по масштабу функциональной системой. Вместе с тем, разработка и внедрение такой системы – сложный процесс.

Структура технологических процессов в существенной степени определяет организационную структуру, поэтому интересным представляется построение модели структуры управления технологическими связями организации. Технологический граф над множеством вершин N представляет ориентированный граф без петель $T=\langle N, ET\rangle$, ребрам которого $(u, v)\in ET$ сопоставлены r-мерные вектора $lT(u, v)$ с неотрицательными компонентами: $lT:ET\rightarrow Rr+$. Вершины данного графа – это элементарные операции технологического процесса предприятия или конечные исполнители. Связь $(u, v)\in ET$ в технологическом графе означает, что от элемента u к элементу v идет r-компонентный

поток сырья, материалов, энергии, информации и т.п. Интенсивность каждой компоненты потока и определяется компонентами вектора lT(u, v).

Пример технологического графа с двухкомпонентными потоками приведен на рисунке 1.

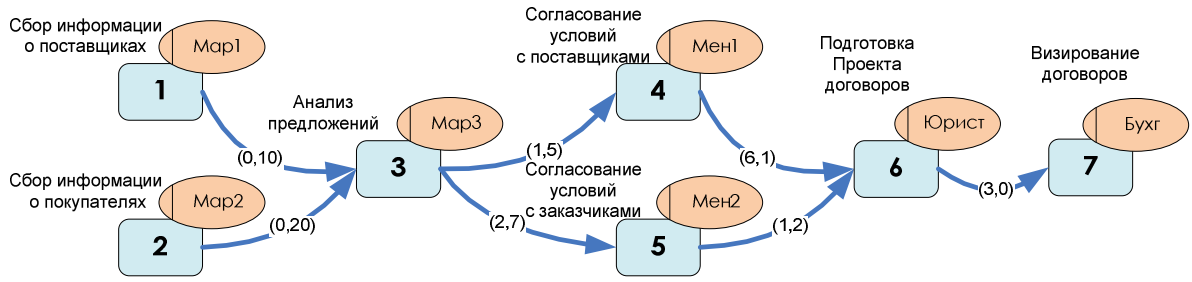


Рисунок 1 - Технологический граф

Числовые значения данных компонент для каждой из дуг технологического графа описывают объем информации, необходимый для принятия решений.

При таком подходе к описанию технологических процессов появляется возможность формальной постановки оптимизации организационной структуры с точки зрения распределения кадрового состава по этапам технологического процесса, что будет определять время и качество каждой операции в общем производственном цикле.

В работе показано, что комбинированная организационная структура позволяет эффективно использовать ресурсы предприятия и наладить взаимодействие сотрудников разных подразделений, что является основополагающим фактором в экстремальных условиях (рисунок 2)

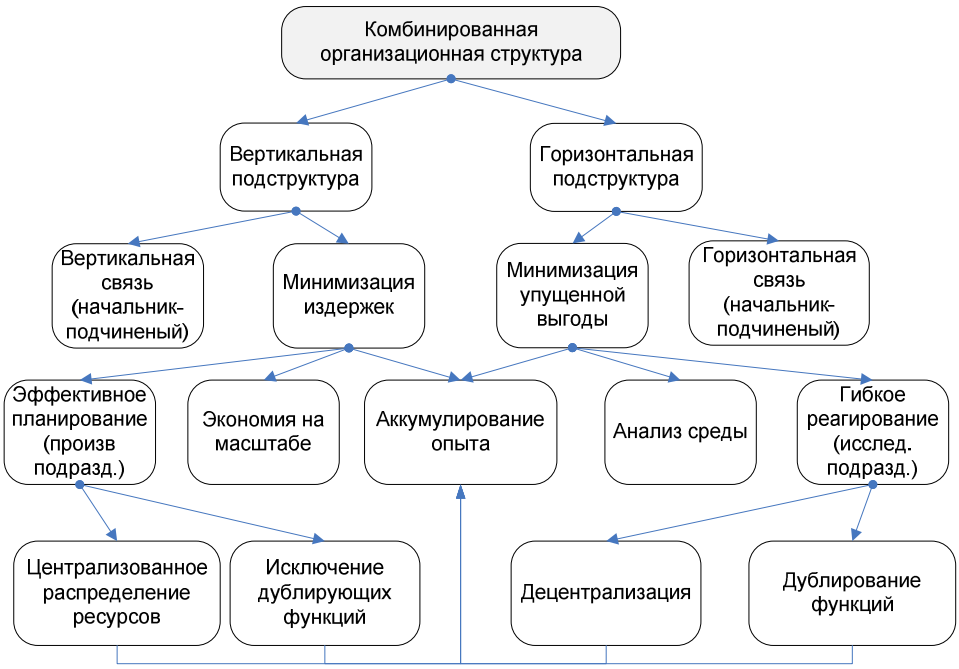


Рисунок 2 - Комбинированная организационная структура

Одним из этапов на пути к реорганизации технологических процессов предприятия является выделение наиболее существенных и их моделирование. С помощью бизнес-моделирования происходит формализация основных технологических процессов, которые протекают на предприятии. При самом общем подходе все ключевые процессы в организации подразделяют на две группы, а именно, носящие материально-вещественный характер (переработка сырья и материалов в продукцию) и информационные (переработка информации), которые, в основном, и определяют эффективность организационной структуры.

По результатам статистического анализа из 188 предприятий выбрано 24, которые определяют более 50% потока заказов (рисунок 3).

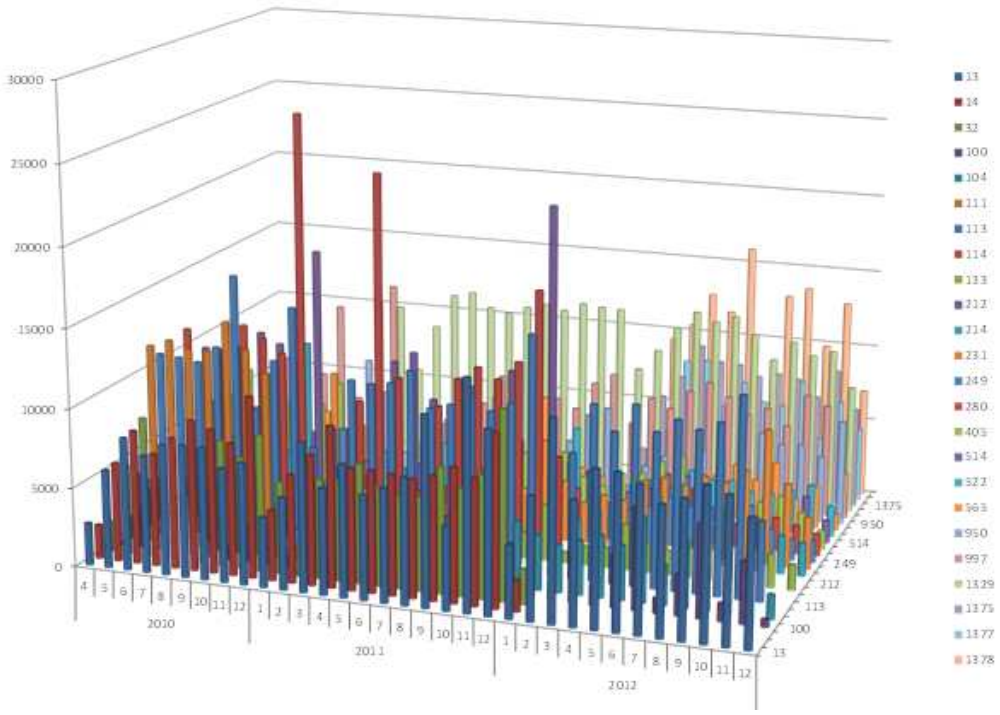


Рисунок 3 - Динамика заказов по предприятиям

Корреляционный анализ показал существенные зависимости между потоками заказов на определенные позиции комплектующих. После чего проведенный факторный анализ выявил наиболее значимые факторы, определяющие общую тенденцию заказов.

В результате моделирования сетевого плана и последующего сложения соответствующих значений на годовых периодах получаются оценки (математического ожидания и дисперсии) прибыльной и затратной части проекта развития на каждый год. Для обоснования программ развития в основном используется интегральный показатель эффективности:

$$NPV = \sum_{t=0}^{N}\left[(P_t - З_t) \Big/ \prod_{k=0}^{t}(1+E_k) \right]$$, где Pt – прибыль и Зt – затраты t-го года, а Et – ставка дисконта t-го года. В работе предлагается ежегодная вариация аннуитета и дисконта.

Ставка дисконтирования — переменная величина, зависящая от ряда факторов i= f(i_1,...,i_n). Где (i_1,...,i_n) — факторы, влияющие на будущие денежные потоки, которые определяются индивидуально для каждого инвестиционного проекта. i_1 — стоимость альтернативного вложения средств на данный период, как-то: ставка банковского процента по депозитам, ставка рефинансирования, средняя доходность уже имеющегося бизнеса и т. д.; i_2 — оценка уровня инфляции на выбранный период, как оценка стоимости риска обесценивания средств за период.

Однако уже для пятилетнего плана количество независимых переменных будет двадцать (MA, DA, ME, DE – на каждый год). В работе показано, что более целесообразно в практике экономических расчетов использовать коэффициенты вариации, который показывает, какую долю среднего значения этой величины составляет её средний разброс. В качестве абсолютных показателей использовались: размах вариации R=xmax-xmin, среднее линейное отклонение $a = \frac{1}{n}\sum_{t=0}^{N}|x_i - \overline{x}|$ и среднеквадратическое отклонение σ. В качестве относительных: коэффициент осцилляции $a = R/\overline{x}$, линейный коэффициент вариации $m = a/\overline{x}$ и коэффициент вариации $\nu = \sigma/\overline{x}$. Следует отметить, что коэффициент вариации эффективнее абсолютного показателя вариации.

При таком количестве факторов (20 и более) предлагается использовать D–оптимальный план, который минимизирует обобщенную дисперсию (значение определителя дисперсионной матрицы).

Если число интересующих параметров будет S, а не интересующих K-S, тогда $b^T = (b_S^T, b_{K-S}^T)$, где $b_S^T = (b_1, b_2, \ldots b_s)$ – интересующие параметры; $b_{K-S}^T = (b_{S+1}, b_{S+2} \ldots b_K)$ – "неизвестные" параметры. $f^T = (f_S^T, f_{K-S}^T)$, $f_S^T = (f_1, f_2, \ldots f_S)$, $f_{K-S}^T = (f_{S+1}, f_{S+2} \ldots f_K)$. Условие D–оптимальности и эквивалентное ему условие G– оптимальности будет иметь вид $\boldsymbol{det}\, C_{*s} = \boldsymbol{min\, det}\, C_s$ или

$$d_S(x_*) = \boldsymbol{min\, max}\left[f^T(x) G^{-1} f(x) - f_{k-s}^T(x) G_{k-s}^{-1} f(x)\right]\sigma^2, \qquad (1)$$

где $d_S(x_*)$ – дисперсия оценки x_*; $G^{-1} = C$, т.е. $G^{-1} = F^T F$, $G_{K-S} : [(k-s)x(k-s)]$ – матрица соответствующая "неизвестным" параметрам. Величина σ^2 не влияет на месторасположение максимумов.

Исходными факторами для планирования эксперимента по оценке чувствительности характеристик NPV являются оптимистические и пессимистические оценки аннуитетов и ставок дисконта за оцениваемый период.

MAopt={MAoptt}t=1…T,VAopt={VAoptt}t=1…T,MEopt={MEoptt}t=1…T,VEopt={VEoptt}t=1…T

MApes={MApest}t=1…T,VApes={VApest}t=1…T,MEpes={MEpest}t=1…T,VEpes={VEpest}t=1…T. Разработана процедура, фрагмент которой представлен на рисунке 4, и проведен расчет чувствительности характеристик NPV к различным комбинация оптимистических и пессимистических оценок для зависимостей NPV=NPV(MAopt,VA,MEopt,VE) и NPV=NPV(MA, VApes, ME, VEpes).

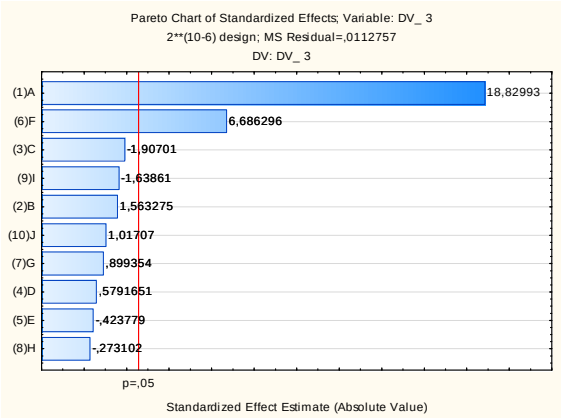
```
NPV := | for i ∈ 1..16
       |   | WR ← | for k ∈ 1..K
       |   |      |   for j ∈ 1..5
       |   |      |     | SA ← |FMA_{i,j}·FVA_{i,j}|
       |   |      |     | SE ← |FME_{i,j}·FVE_{i,j}|
       |   |      |     | A_j ← rnorm(1, FMA_{i,j}, SA)_1  if SA ≠ 0
       |   |      |     | A_j ← FMA_{i,j}  otherwise
       |   |      |     | E_j ← rnorm(1, FME_{i,j}, SE)_1  if SE ≠ 0
       |   |      |     | E_j ← FME_{i,j}  otherwise
       |   |      |   WNPV_k ← Σ_{t=1}^{5} A_t / (1 + E_t/100)^t
       |   |      | WNPV
       |   | WNPVcp_i ← (Σ_{k=1}^{K} WR_k) / K
       |   | D_i ← [Σ_{k=1}^{K} (WR_k − WNPVcp_i)^2] / (K − 1)
       |   | V_i ← √D_i / WNPVcp_i
       | WW^⟨1⟩ ← WNPVcp
       | WW^⟨2⟩ ← D
       | WW^⟨3⟩ ← V
       | WW
```

Рисунок 4 - Программа планирования эксперимента NPV

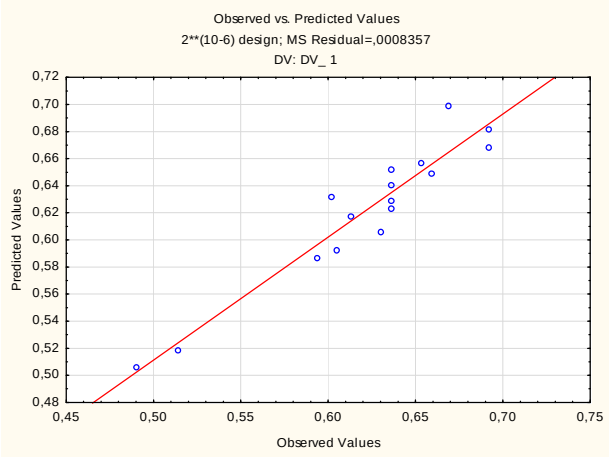
Характеристики влияния факторов приведены на рисунке 5.

В результате предложена схема универсального алгоритма сетевого планирования программ стратегического развития, инвариантная к детерминированному,

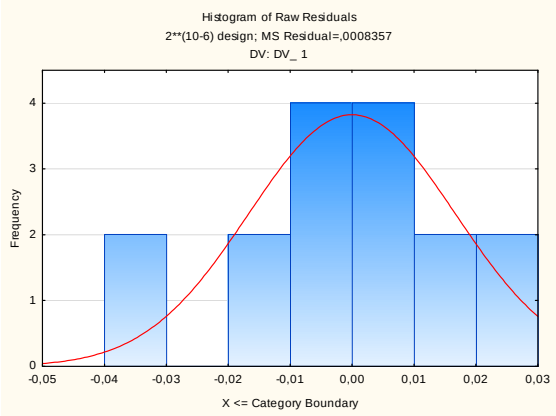
вероятностному и лингвистическому варианту параметризации. Для вероятностного случая модель параметризуется распределениями вероятностей времен и ресурсов каждого этапа, что позволяет оценить влияние неопределенностей аннуитета и дисконта на интегральный показатель эффективности. Показано, что математическое ожидание NPV существенно зависит не только от математического ожидания аннуитета и дисконта, но и их дисперсий.



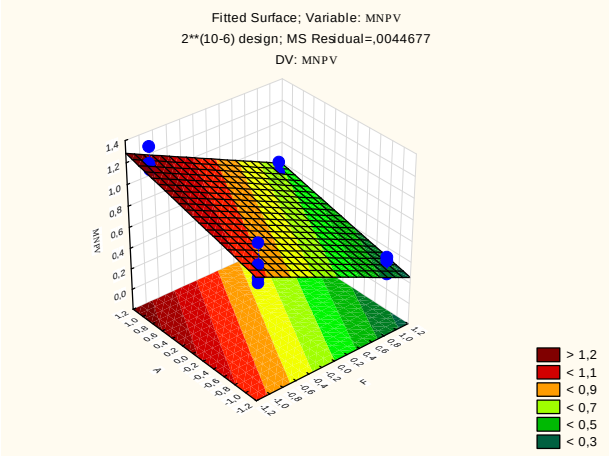
а) парето-диаграмма



б) график прогноза



в) гистограмма остатков



г) аппроксимация NPV

Рисунок 5 - Результаты оценки чувствительности

Список информационных источников

[1] Остроух А.В. Информационные технологии в научной и производственной деятельности / [ред. А.В. Остроух] - М: ООО "Техполиграфцентр", 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-94385-056-1.

[2] Куфтинова Н.Г. Процессно-ориентированный подход к автоматизации планирования и управления транспортировкой продукции предприятий

промышленности / А.В. Остроух, Н.Г. Куфтинова // Вестник МАДИ – 2010. - Вып. 4(23). - С. 62-66.
[3] Остроух А.В. Исследование начального периода моделирования на точность среднеинтегральной оценки имитационных моделей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, Н.В. Солдатов, К.А. Новицкий, П.С. Якунин // Вестник МАДИ – 2010. - Вып. 2(21). - С. 61-65.
[4] Остроух А.В. Математическая модель связей в системе диагностики электрооборудования автомобилей / А.В. Остроух, А.А. Солнцев, О.Ф. Калухов, Г.Г. Ягудаев // Вестник МАДИ – 2010. - Вып. 2(21). - С. 66-70.
[5] Солнцев А.А., Ивахненко А.А. Формальное описание процессов движения комплектующих на основе управляемых сетей // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3); URL: auts.esrae.ru/3-69 (дата обращения: 05.09.2013).
[6] Приходько В.М., Солнцев А.А., Саная А.Г. Сетевая теоретико-игровая модель рациональных закупок в задаче формирования адаптивного механизма согласованных цен в схеме снабжения дилерской сети // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3); URL: auts.esrae.ru/3-70 (дата обращения: 05.09.2013).
[7] Солнцев А.А. Модели нечеткого ситуационного анализа при описании вложенных процессов многоцелевой деятельности дилерской сети // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1(3); URL: auts.esrae.ru/3-71 (дата обращения: 05.09.2013).