

СЕТЕВАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РЫНКА

Аннотация. Предлагается сетевая модель рынка новых информационных технологий, методы исследования динамики на основе моделирования показателей изменения вершин и пересчета весовых значений дуг графа. Исследуются тенденции развития сетевой модели в случае стохастического, импульсного и плавного изменения основных показателей.

Введение

В настоящее время одним из наиболее интенсивно развивающихся рынков является рынок новых информационных технологий (НИТ). Однако продвижение конкретных информационных технологий сложно прогнозировать из-за технологических особенностей — срок обновления технических и программных средств очень короткий (до 12–18 месяцев), а полное обновление рынка происходит в течение пяти лет.

Автор предлагает сетевую модель анализа рынка НИТ. Анализ стратегии продвижения НИТ будет проводиться по следующим направлениям:

оценка рынка, которая включает анализ устойчивости, определение вектора и скорости развития рынка;

оценка возможностей фирмы приобрести или эффективно использовать новую информационную технологию.

Сетевая модель анализа рынка нововведений

Для анализа рынка новых технологий существуют различные математические модели маркетинговых исследований [1]. Однако многие из них требуют проведения сложного многопараметрического анализа.

Для анализа динамики рынка новых технологий автор предлагает строить сетевую модель (рис. 1). Сетевая модель представляет собой ориентированный граф $G = (X, E)$, где X — непустое множество вершин; E — упорядоченное бинарное отношение на X , называемое множеством дуг. Вершины сети соответствуют действующим факторам и исследуемому показателю (доля рынка), приведенным в табл. 1. Дуги определяют направление воздействия между вершинами.

Каждой сетевой модели соответствует матрица влияний. При ее построении степень воздействия вершин ранжируется в соответствии с весовыми коэффициентами (0 — не влияет; 1 — едва ощутимо; 2 — слабо; 3 — незначительно; 4 — сильно; 5 — очень сильно).

Таблица 1. Матрица влияний (смежности вершин графа)

Вершины/факторы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1. Демографический	■							+1											
2. Социальный		■						+2											+1
3. Экологический			■					+1											+2
4. Профессиональный				■				+3											+1
5. Политический					■														+3
						■	+5		-5										+2

Татьяна Алексеевна ТКАЛИЧ, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информационных технологий БГЭУ.

Окончание табл. 1

Вершины/факторы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
6. Законодательные ограничения							-2	-3		-1									-6
7. Инвестиции												+2				+2			+4
8. Политика конкурента											+5								+5
9. Инфляция							-2	-2											-6
10. Налоговая политика												+2				-1			-1
11. Объем продаж													-1				-1	+1	+1
12. Цена												-2							-2
13. Качество													+1						+5
14. Удовлетворенность потребителя																			+4
15. Рентабельность																			+3
16. Спрос							+2	-4			+3								+1
17. Риски								-2				-2							+6
18. Доля рынка	+1	+1	+1	+1	+1	+2		+3	+3		+4		+2	+2		+3			
Факторы стабильности						+7	-4	+5	-2	-1	+8	+4	+2	+2	-1	+7	+3		

Весовые коэффициенты дуг ψ_{ij} в [2] рассчитываются с учетом правила нормализации экспертных оценок и формулы расчета коэффициентов дуг графа (1) и приведены на рис. 1:

$$\psi_{ij} = \frac{\omega_{ij} V_j}{\sum_{j=1}^N V_j \sum_{i=1}^N \omega_{ij}} \quad (1)$$

где ω_{ij} — оценка относительной важности i -го фактора по критерию j ; V_j — средняя оценка относительной важности j -го фактора по всем критериям (коэффициент стабильности); $i, j \in 1, N$, N — общее число вершин (факторов).

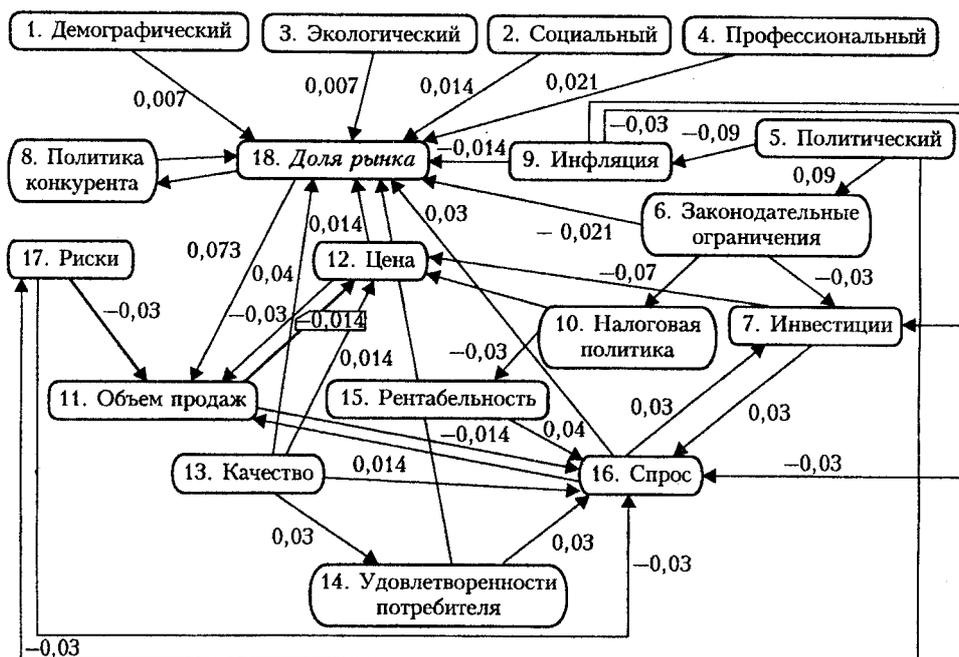


Рис. 1. Сетевая модель рынка новых технологий (без учета политики конкурента)

В соответствии с рис. 1 на вершину “доля рынка” будут оказываться следующие воздействия:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_1^{18} = \omega_1^{18} \psi_1^{18} \\ \omega_3^{18} = \omega_3^{18} \psi_3^{18} \\ \omega_5^{18} = \omega_5^{18} \psi_5^{18} + \omega_5^6 \psi_5^6 \\ \omega_8^{18} = \omega_8^{18} \psi_8^{18} - \omega_8^8 \psi_8^8 \\ \omega_9^{18} = \omega_9^{18} \psi_9^{18} + \omega_5^9 \psi_5^9 \\ \omega_{11}^{18} = -\omega_{11}^{18} \psi_{11}^{18} + \omega_{17}^{11} \psi_{17}^{11} + \omega_{12}^{11} \psi_{12}^{11} - \omega_{11}^{12} \psi_{11}^{12} \\ \omega_{12}^{18} = \omega_{12}^{18} \psi_{12}^{18} + \omega_{13}^{12} \psi_{13}^{12} - \omega_{12}^{11} \psi_{12}^{11} + \omega_{11}^{12} \psi_{11}^{12} + \omega_{10}^{12} \psi_{10}^{12} + \omega_7^{12} \psi_7^{12} \\ \omega_{13}^{18} = \omega_{13}^{18} \psi_{13}^{18} - \omega_{13}^{12} \psi_{13}^{12} - \omega_{13}^{14} \psi_{13}^{14} \\ \omega_{14}^{18} = \omega_{14}^{18} \psi_{14}^{18} + \omega_{13}^{14} \psi_{13}^{14} \end{array} \right. \quad (2)$$

Для проведения анализа рыночной ситуации изучаются изменения следующих групп показателей: структуры рынка; анализа рисков; стратегической ценности технологии; влияния субсидий, инвестиций и затрат на продвижение технологии.

Исследование динамики сетевой модели

В динамическом графе вершины могут изменяться плавно, импульсно или стохастически. Критериями оценки устойчивости системы являются момент времени достижения порога захвата рынка и катастрофы. Под катастрофами понимаются скачкообразные изменения режима функционирования системы, возникающие либо в виде внезапной реакции системы на плавное изменение ее параметров, либо векторного развития параметров (например, платежеспособный спрос, удовлетворенность услуг).

Автор предлагает проводить моделирование тенденций развития рынка НИТ по следующей схеме:

- 1) оценивается текущая устойчивость системы по характеристическому показателю;
- 2) моделируется векторное или импульсное изменение показателей в вершинах;
- 3) разрабатываются сценарии анализа динамики и устойчивости системы;
- 4) прогнозируется развитие совокупности показателей в условиях возмущающих воздействий.

Катастрофы могут быть:

первого вида — плавное изменение группы показателей;

второго вида — импульсное изменение факторов рынка;

третьего вида — стохастическое изменение факторов рынка.

Законы изменения групп экономических показателей, соответствующих вершинам графа, подробно исследованы в работе [3]. Значения воздействующих вершин задаются зависимостями, приведенными в табл. 2.

Таблица 2. Законы изменения групп экономических показателей

Группа/фактор	Закон распределения
Демографический, социальный, экологический, профессиональный, политический, законодательные ограничения, налоговая политика	$P_N(m, \sigma^2)$
Инфляция	1,33
Риски	$P_N(m_{Ri}, \sigma^2)$
Инвестиции	Задается экспериментально
Объем продаж	$f(t) = \frac{F - e^{-\gamma(A+B)t}}{F + \frac{B}{A} e^{-\gamma(A+B)t}}$

где A — коэффициент инновации (способность фирмы принять нововведения);

Окончание табл. 2

Группа/фактор	Закон распределения
	$A = \frac{Np(1+Ri)}{\sum_{t=t_1}^{t_2} (1+i)^t Z_t} e^{-\gamma_{K_1+K_2}} \cdot e^{L_1+L_2},$ <p>где $\gamma = e^{-S(p+i)}$ – факторы чувствительности и влияния среды; F – размер рынка (количество продаж в год); $f(t)$ – рыночная доля технологии в момент времени t; Z_t – затраты;</p> $N_p = \sum_t (1+i)^t (S_t - Z_{kt})$ – прибыль фирмы; $t \in [t_1, t_2]; K_1 = (0,1) \text{ и } K_2 = (1,2-2,5).$
Спрос	$B_i = b_i \cdot e^{L_1+L_2} (N_p - P_t + \sum_{t=t_1}^{t_2} (1+i)^t Z_k)$
Цена	$P_N(m, \sigma^2)$
Качество, удовлетворенность потребителя	Формула (3)

Данные для изучения стратегической ценности и оценки качества могут быть взяты из [4]. Коэффициент стратегической ценности L_2 определяется из соотношений:

$L_2 = 0,1-0,3$ (в прошлом торговли на данном рынке не было);

$L_2 = 0,4-0,6$ (в прошлом имела место эпизодическая торговля на данном рынке);

$L_2 = 0,7-1$ (имеется устойчивая торговля на данном рынке).

Для оценки удовлетворенности услуг L_1 производится в соответствии с требованиями к качеству современных информационных технологий [3]. Это может быть набор критериев (переход на технологию клиент/сервер, использование оптоволоконных линий связи, использование технологии INTRANET, электронный обмен данными, использование многопроцессорных систем, использование суперкомпьютеров и т.д.). Критерии ранжируются в соответствии с весовыми коэффициентами. Относительный показатель качества и удовлетворенности услуг автор предлагает подсчитывать по формуле:

$$L = \frac{L^k}{\sum_k L^k}, \quad (3)$$

где L – весовое значение некоторого из показателей.

Данные для анализа рисков приведены в [4], для белорусского рынка принимается уровень риска 15 %.

Рассмотрим возможные случаи изменения вершин графа.

Плавное изменение вершин. В этом случае выбирается изменяемая вершина, например, “объем продаж”, который плавно растет. В соответствии с рис. 1 на вершину “Доля рынка” будут оказываться воздействия (2) и по вершинам 11, 12, 16 произойдут изменения. По результатам воздействия проводится корректировка весовых значений дуг по формуле (1) и строится модифицированная матрица влияний (табл. 3.), результаты отображены на рис. 2.

Таблица 3. Элемент модифицированной матрицы влияний при плавном изменении вершин

Фактор	Доля рынка (в моменты t)				
	1	2	3	4	5
Демографический	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Социальный	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Окончание табл. 3

Фактор	Доля рынка (в моменты t)				
	1	2	3	4	5
Экологический	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Профессиональный	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
Политический	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Законодательные ограничения	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
Инфляция	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Цена	0,014	0,0153	0,0155	0,0157	0,0159
Объем продаж	0,093	0,108	0,122	0,137	0,151
Спрос	0,03	0,0313	0,0317	0,0319	0,0321
Качество	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Удовлетворенность потребителя	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014

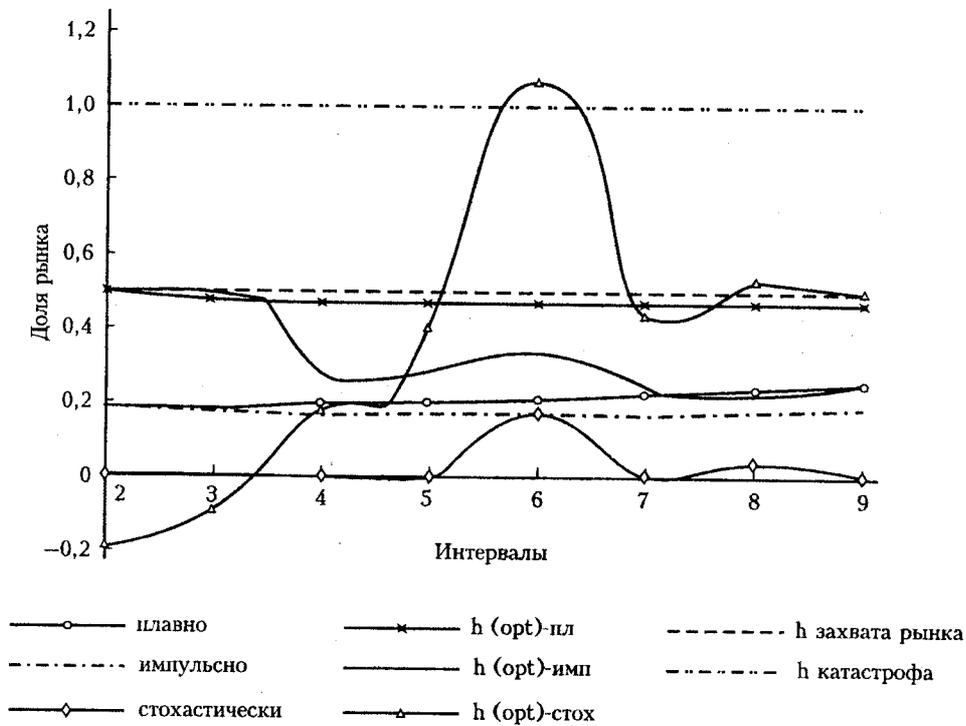


Рис. 2. Динамика развития рынка

Импульсное изменение вершин. В [1] предлагается несколько методов моделирования изменения показателей импульсных вершин. Например, случай, когда накапливаются изменения значений характеристики i при изменении вершины j на единицу:

$$\omega_{ij}^t = \omega_{ij}^{t-1} + \sum_{j=1}^N h_{ij} P_j(t), \quad (4)$$

где h_{ij} — величина импульса, задается экспертно; ω_{ij}^t — оценка важности вершины в момент времени t ; $P_j(t)$ — вероятность импульсного изменения показателя вершины (задано равномерным распределением).

В этом случае также выбирается изменяемая вершина, например, “платежеспособный спрос”. В соответствии с рис. 1 на вершину “доля рынка” будут оказываться воздействия (2) и по вершинам 11, 16, 7, 12 произойдут изменения. По результатам воз-

действия проводится корректировка весовых значений дуг по формуле (1) и строится модифицированная матрица влияний (табл. 4), результаты отображены на рис. 2.

Таблица 4. Элемент модифицированной матрицы влияний при импульсном изменении вершин

Фактор	Доля рынка (в моменты t)				
	1	2	3	4	5
Демографический	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Социальный	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Экологический	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Профессиональный	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
Политический	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Законодательные ограничения	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
Инвестиции	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Инфляция	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Цена	0,014	0,0153	0,0155	0,0153	0,0159
Объем продаж	0,073	0,075	0,073	0,075	0,081
Спрос	0,09	0,109	0,09	0,125	0,109
Качество	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Удовлетворенность	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Риски	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Стохастическое изменение. В соответствии с табл. 2 моделирование рыночной ситуации можно проводить, например, по изменению чувствительности рынка.

Случайный процесс, описывающий влияние факторов чувствительности рынка, предлагается определять следующим уравнением:

$$\gamma = \exp \left\{ -\delta(2\pi)^{-n/2} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \dots \sum_{i_j}^n (x - m_p)(x - m_1) \dots (x - m_j) \right\} \right\}, \quad (5)$$

где m_1, m_j — средние значения факторов, определяющих рыночную ситуацию, представленную в табл. 2 группой факторов 1; m_p — средняя цена технологии.

По результатам исследования изменения вершин построен график динамики развития системы (рис. 2).

Для множества получаемых решений можно определить оптимальный уровень значений вершин. В [2] предлагается формула аппроксимации коэффициентов важности вершин и весовых значений дуг с учетом предельных значений приоритетов:

$$\lambda = \varpi_j^i + \frac{T-t}{T-1} (\varpi_j^{\text{opt}} - \varpi_j^i), \quad (6)$$

где λ — уровень значимости, задаваемый экспертно; ϖ_j^{opt} — оптимальное значение вершины.

В качестве пороговых ограничений принимается размер рынка $F = 1$, $F = 0$ и уровень захвата рынка новой технологией $f = 0,5$.

Из рис. 2 видно, что наибольшее влияние на изменение динамики системы оказывают импульсные и стохастические изменения факторов инфраструктуры рынка. Это приводит к катастрофам. На рисунке видно, что при стохастическом изменении чувствительности рынка возможна катастрофа третьего вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багатурова О.С., Мамиконов А.Г. Математические модели маркетинга // Автоматика и телемеханика. 1991. №1.
2. Катастрофы в экономике и экологии/Под ред. А.Н. Коршакова. М., 1996.
3. Ткалич Т.А. Модели диффузии нововведений для анализа рынка информационных технологий // Весн. БДЭУ. 1997. № 4.
4. Стратегия и тактика антикризисного управления фирмой/Под ред. А.П. Градова. СПб, 1996.