

Методы управления информационными потоками производственных систем

© 2010 Г.В. Клейменова

кандидат экономических наук, доцент

Кубанский государственный университет, г. Краснодар

E-mail: voronov.a@mail.ru

В статье выявлены основные факторы, влияющие на величину информационного барьера, построена математическая модель, позволяющая оценить оптимальное с точки зрения информационных потерь число экономических агентов (производственных единиц), участвующих в производственной цепочке. На основе разработанной модели проведено имитационное моделирование роста информационного барьера.

Ключевые слова: методы, иерархия, моделирование, производственная система, сеть, планирование, информационные связи.

В настоящее время в России активно формируется так называемое новое информационно-экономическое пространство, характеризующееся возможностью разделять производственный процесс по отдельным предприятиям, обеспечивая его единство путем поиска и формирования эффективной системы множества приемов и способов современных коммуникаций. Взаимодействие крупной производственной системы с окружающей средой можно представить в виде сетевой модели с быстроменяющимися состояниями ее отдельных элементов и подсистем. Сетевая структура организации производственного процесса позволяет воспользоваться преимуществами увеличения масштабов производства, исключить дублирование затрат на технологическое перевооружение предприятий, привлечь наиболее квалифицированные кадры, т.е. создать и использовать внешние сетевые эффекты.

Однако даже в сети, к одной из основных характеристик которой можно отнести наличие положительных внешних эффектов от объединения экономических агентов, в ситуации устойчивых предпочтений одних и тех же ресурсов или технологий могут возникать отрицательные внешние экстерналии (в том случае, когда речь идет о совместном использовании ограниченного, исчерпаемого ресурса). В случае же использования неограниченного ресурса (такого, как информация, использование которой одним агентом обычно не наносит ущерба другому агенту), взаимный внешний эффект обычно положительный.

Как известно, широкое и быстрое распространение информационных методов и технологий приносит огромный положительный внешний эффект для их пользователей. В информационной экономике наличие сетевых эффек-

тов естественно и составляет неотъемлемую часть институционального устройства соответствующих макросистем¹. Информация, преодолевая ограниченность всех прочих материальных ресурсов и даже замещая их, способна смягчить противоречия, вытекающие из факта их ограниченности. Однако быстро нарастающее производство и использование все более разнообразных и сложных информационных структур, которые сопровождают функционирование и развитие социосистемы в целом и ее частей в глобальном информационном пространстве, приводят к повышению структурной сложности систем с управлением, погружаемых в сетевую среду. Вследствие указанных усложнений современные производственные системы, как традиционные, так и сетевые, зачастую испытывают недостаток информации для эффективного управления, обусловленный не ее отсутствием как таковой, а ограниченной рациональностью лиц, принимающих решения, которая выражается в их неспособности быстро и эффективно находить и перерабатывать необходимые информационные модули в глобальных информационных потоках².

Кроме того, производственная система вынуждена постоянно адаптироваться к изменениям, происходящим на рынках через модификацию и развитие своей структуры, использование новых методов менеджмента.

Управление промышленными предприятиями как большими производственными системами в современных условиях связано со значительными сложностями, вызванными неполнотой информации, конфликтами интересов и быстрыми, многочисленными изменениями в окружающей среде. Для преодоления этих сложностей могут быть использованы различные механизмы, методы и инструменты менеджмента.

К современным методам управления производственными системами можно отнести и методы информатизации и управления знаниями, методы оптимизации производственного планирования и методы коллективного принятия управленческих решений.

Информатизация управления производственными системами, как правило, начинается с описания их бизнес-процессов на основе использования методологии ARIS, SADT, BPMN и др., которые при помощи различных нотаций описывают функции производственной системы, ее структуру, материальные и финансовые потоки, а также сопровождающие их информационные потоки.

При современной сетевой организации производственного процесса элементы одной производственной системы формируют между собой постоянные информационные каналы. Так, например, поставщики компании Dell имеют постоянный доступ к содержанию их заказов через корпоративный портал Dell, благодаря чему они могут организовывать свое производство и поставки так, чтобы компания Dell постоянно имела все необходимое для эффективной организации производственного процесса. Допуская поставщиков в свою базу данных, руководство Dell считает, что они будут в курсе любых изменений спроса. С другой стороны, Dell через веб-сайт предоставляет заказчику доступ к информации о прохождении их заказа через свою производственную цепочку, что позволяет покупателям проследить изменения статуса в исполнении их заказа от момента его начала на заводе до момента окончания у двери покупателя³. Для обеспечения доступа партнеров к ресурсам и знаниям каждый из них может использовать локально ориентированную объектную концептуальную схему, в которой все ресурсы представлены как объекты и отражены их свойства, связи, ограничения и операции. Затем строится глобальная концептуальная схема распределенной производственной системы, которая образуется из локальных схем и дополнительных информационных ресурсов и составляет метаинформационную базу.

Разница между информационными системами реального и виртуального предприятий заключается прежде всего в том, что вместо внутреннего информационного пространства сетевые предприятия используют глобальную среду Интернет и ее информационные ресурсы.

Использование качественных информационных ресурсов значительно упрощает различные задачи управления, в том числе задачу формирования оптимального плана производства под

существующий спрос. Однако при увеличении количества иерархических уровней принятия решений в сложных производственных системах может возникнуть *информационный барьер* - накопление ошибки агрегирования при переходе от одного уровня иерархии принятия решений к другому, которое приводит к утрате точности информационной модели, а необходимость сбора и обработки больших объемов информации при увеличении количества подразделений предприятия или при переходе к сетевому способу производства продукции приводит к появлению сложностей совершенно другого рода, связанных со своевременным получением информации в удобной форме и ее интерпретации. Проиллюстрируем вышесказанное на практическом примере.

Путь решается задача планирования производства под спрос. При наличии N групп выпускаемой продукции, M типов оборудования и K видов отслеживаемых материалов для решения задачи формирования оптимального плана производственного процесса необходимо учитывать:

1) величины R_{ij} - потребность в мощностях каждого типа оборудования $i=1, \dots, M$ на единицу изделия готовой продукции $j=1, \dots, N$, задаваемые на основе технологических маршрутов производства, информация о которых содержится в модуле "Управление данными об изделиях";

2) величины S_{ki} - потребность в основных материалах $k=1, \dots, K$ на единицу изделия всех групп готовой продукции $j=1, \dots, N$, задаваемые на основе спецификации изделий (модуль "Управление данными об изделиях");

3) величины P_i - общий ресурс в мощностях для каждого типа оборудования $i=1, \dots, M$, которые могут быть рассчитаны как среднее арифметическое производительности по всему оборудованию данного типа (модуль "Управление основными фондами");

4) величины T_k - объем доступных основных материалов $k=1, \dots, K$, определенный на основе данных о состоянии складских запасов и плана закупок (модули "Управление запасами" и "Управление снабжениями");

5) величины S_j - ограничения по рынку сбыта готовой продукции всех групп $j=1, \dots, N$, определяемые на основе анализа результатов маркетинговых исследований и прогнозирования (модуль "Управление сбытом").

Предположим, что $N=5$, $M=8$ и $K=10$. Нелегко вычислить, что даже в таком простом случае информационная система предприятия должна отслеживать одновременно

$$N \cdot M + K \cdot N + M + K + N = 40 + 50 + 8 +$$

+ 5 + 10 = 113 величин, изменение которых во времени является взаимозависимым.

На практике порядок величин N , M , и K может колебаться от 10^2 до 10^4 , следовательно, информационная емкость современных производственных систем очень значительна. В связи с этим, лица, принимающие решения (ЛПР), как правило, не в состоянии обработать всю собираемую в этих системах информацию и принять на ее основе достаточное количество адекватных решений за требуемое время. В этом случае выходом может стать выделение в иерархии принятия решений нескольких структурных уровней и использование для каждого из них механизма интеллектуализации, который позволяет автоматизировать принятие решений в типовых случаях. Как минимум выделяют три уровня иерархии принятия решений⁴: стратегический, тактический и оперативный. Каждый уровень данной иерархии включает в себя несколько связанных между собой математических моделей, которые играют роль интеллектуальных элементов системы управления. При этом каждый из вышестоящих уровней должен включать в себя всю информацию, представленную на нижестоящих уровнях, что достигается за счет агрегации - перехода от некоторого вектора экономических показателей к вектору интегральных показателей гораздо меньшей размерности.

Простейшая линейная агрегация по методу взвешенных коэффициентов имеет вид функции двух переменных:

$$X = f_L(X_1, X_2) = k_1 X_1 + k_2 X_2, \quad (1)$$

где X_1, X_2 - частные критерии, сворачиваемые в комплексную оценку X ;

k_1, k_2 - весовые коэффициенты, устанавливающие долевое участие каждого из критериев в формировании свертки f_L .

На весовые коэффициенты накладываются ограничения, обеспечивающие одинаковую шкалу для всех переменных:

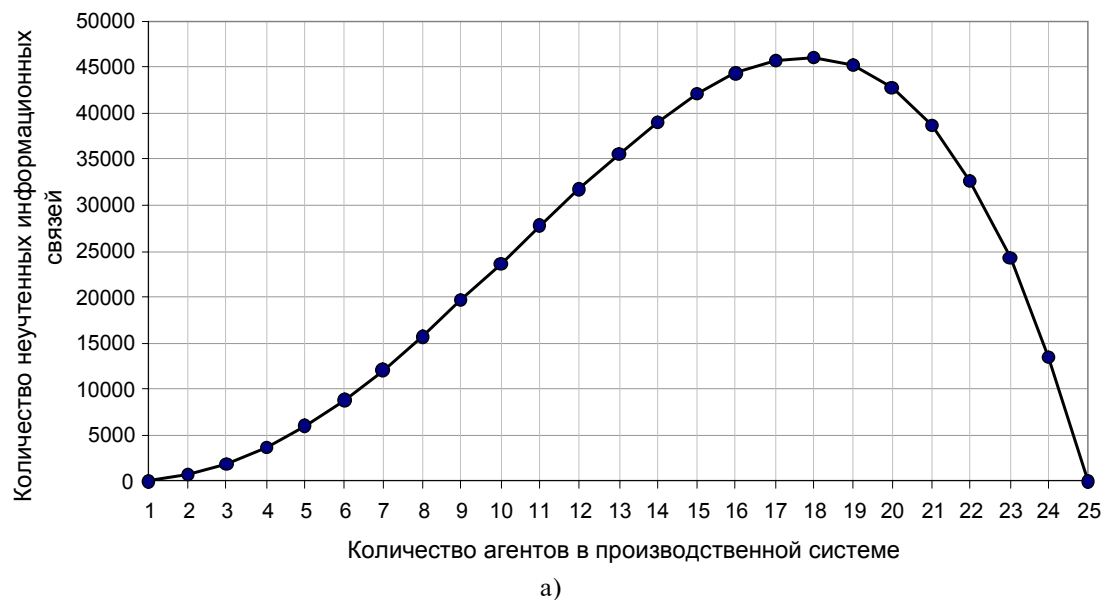
$$k_1 + k_2 = 1 \quad k_1, k_2 \in [0, 1]. \quad (2)$$

При простоте и наглядности линейной свертки она способна моделировать лишь достаточно тривиальные иерархии производственной системы, сохраняющие свойства во всей области определения. Этот недостаток объясняется ограничениями (2), накладываемыми на уравнение (1) с целью обеспечения универсальности шкалы для всех ее переменных.

Сложные иерархические системы характеризуются богатой динамикой комплексирования

частных критериев в формируемой ими области определения. Такому классу предпочтений в большей степени соответствуют модели комплексного оценивания, построенные на основе деревьев критериев и матриц свертки. Однако вне зависимости, насколько сложный метод агрегирования используется в информационной иерархической системе, в результате решения агрегированной задачи определяются значения укрупненных переменных, которые обычно не совпадают со значениями аналогичных агрегатов, получаемых при укрупнении точного решения первоначальной задачи. Разность между укрупненными переменными решения агрегированной задачи и значениями аналогичных агрегатов, получаемых при укрупнении точного решения первоначальной задачи, называется ошибкой агрегирования. Классическая теория агрегирования изучает методы нахождения наилучшего способа агрегирования, которые максимально уменьшали бы ошибку агрегирования. Методы классического агрегирования применялись для решения весьма широкого круга задач. Однако, несмотря на это, теория классического агрегирования, за исключением конкретных случаев, не решила проблемы устранения ошибки агрегирования и, главное, проблемы дезагрегирования, т.е. получения решения исходной задачи. Поэтому при увеличении количества иерархических уровней принятия решений в сложных производственных системах может возникнуть *информационный барьер* - накопление ошибки агрегирования при переходе от одного уровня иерархии принятия решений к другому, которое приводит к утрате точности информационной модели. Помимо агрегации, другой причиной возникновения информационного барьера могут стать различные формы и стандарты представления информации на разных уровнях управления производственной системой или даже на одном уровне в разных подсистемах. Однако вне зависимости от породивших его причин появление информационного барьера приводит к снижению эффективности управленческих воздействий.

Для получения количественной оценки информационного барьера и выявления зависимости его величины от числа связей в производственной системе рассмотрим частный случай, когда сложный (инновационный) продукт состоит из N элементарных компонент (деталей, модулей, узлов, элементарных производственных операций, выполняемых различными структурными единицами сложной производственной системы), каждая из которых описывается отдельным информационным объектом. Тогда все



б)

Рис. Изменение информационного барьера при увеличении количества агентов в производственной системе:

- а) при количестве элементарных компонент, равном 25;
- б) при количестве элементарных компонент, равном 50

возможные информационные связи между ними (и, следовательно, между информационными объектами) можно описать квадратной матрицей размерностью $N \times N$, а их общее количество будет равно

(3)

Агрегированное представление данных информационных связей, т.е. комплексная информация о продукте, позволяет по каждой компоненте выбрать оптимальное, с точки зрения планирования производственного процесса, решение, в том числе и решение об исключении данной компоненты. В противном случае, когда решаются независимые задачи оптимизации каждой компоненты (естественно, без возможности ее исключить), неучет информационной взаимосвязи между компонентами i и j ($i=1, \dots, N, j=1, \dots, N$) приводит к увеличению издержек производства и, как следствие, потере прибыли от реализации нового изделия, равной

Используем подход, предложенный в работе⁵ для формализации задачи оценки качества планирования производственного процесса. Пусть производственный процесс является распределенным по сети из K экономических агентов, каждый из которых производит только модуль конечного продукта, содержащий L_k элементарных компонент. Один из экономических агентов сети выполняет функции интегратора, т.е. сводит производственные модули в единый продукт и информационные потоки в единую комплексную информацию о производственной системе. Тогда иерархия принятия решений состоит из двух уровней: на первом уровне интегратор согласует “входы” и “выходы” модулей, произведенных отдельными агентами, и оптимизирует производственный процесс, на втором уровне каждый экономический агент оптимизирует производство своего модуля с позиции глобального оптимума для конечного изделия в целом.

Тогда количество информационных связей, которые необходимо учесть каждому экономическому агенту на втором уровне иерархии принятия решений, равно

$$\frac{1}{2} L_k \cdot (L_k - 1),$$

где $\sum_{k=1}^K L_k = N$ - все экономические агенты на

втором уровне иерархии принятия решений в сумме оптимизируют

$$\frac{1}{2} \sum_{k=1}^K L_k (L_k - 1) = \frac{1}{2} \left(\sum_{k=1}^K L_k^2 - N \right)$$

информационных связей.

На первом уровне иерархии принятия решений добавляется еще $\frac{1}{2} K \cdot (K - 1)$ информационных взаимосвязей.

Таким образом, общее число информационных взаимосвязей, которые необходимо учесть в процессе агрегирования и получения комплексной информации о производственной системе, выражается следующей формулой:

$$C_{all} = \frac{1}{2} \left(\sum_{k=1}^K L_k^2 - N + K \cdot (K - 1) \right). \quad (4)$$

Соответственно, количество неучтенных при агрегировании информационных взаимосвязей, которое соответствует накапливаемой ошибке агрегации и может быть представлено как измеряемое значение информационного барьера, равно разности $C - C_{all}$. При увеличении количества агентов в сети $K=1, \dots, N$ (т.е. максимальное количество агентов равно количеству элементарных компонент) накапливаемая ошибка агрегации из-за неучтенных информационных связей (информационного барьера) изменяется нелинейным образом (результаты модельных расчетов при $N=25$ и 50 представлены на рисунке (“а”, “б”).

Построенная математическая модель позволяет выбрать оптимальное, с точки зрения информационных потерь производственных единиц, число экономических агентов предприятия или его производственной подсистемы.

¹ Нижегородцев Р.М. Кластерно-сетевые эффекты: институциональные подходы // Управление кластерами в региональной экономике: сб. науч. статей / под ред. Р.М. Нижегородцева. Новочеркасск, 2010.

² Воронина Л.А., Иванова Н.Е., Ратнер С.В. Информационная культура как фактор инновационного развития // Качество. Инновации. Образование. 2008. □3(34).

³ Паринев С.И. К теории сетевой экономики. Новосибирск, 2002.

⁴ Столбов В.Ю., Федосеев С.А. Модель интеллектуальной системы управления предприятием // Проблемы управления. 2006. □3.

⁵ Байбакова Е.Ю., Клочков В.В. Экономические аспекты фрагментации технологических цепочек в наукоемкой промышленности // Стратегическое планирование и развитие предприятий: материалы XI Всерос. симпозиума. Секция 2 / под ред. Г.Б. Клейнера. М., 2010.