

Оценка эффективности функционирования виртуального производственного предприятия с использованием понятия гиперустойчивости

Собчак Андрей Павлович

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е Жуковского «Харьковский
авиационный институт», доцент кафедры менеджмента, кандидат технических наук,
доцент, Украина*

Шостак Игорь Владимирович

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е Жуковского «Харьковский
авиационный институт», профессор кафедры компьютерной инженерии, доктор
технических наук, профессор, Украина*

Аннотация. Рассмотрено понятие гиперустойчивости кибернетической системы в приложении к задаче оценки эффективности функционирования виртуального производственного предприятия, определены основные факторы, влияющие на эффективность функционирования такого предприятия, предложена методика синтеза статической структуры системы поддержки принятия решений менеджерами виртуального предприятия, в частности, процедура определения численного и качественного состава оборудования, производимого на виртуальном предприятии.

Ключевые слова: виртуальное предприятие, гиперустойчивость, система SISO-типа, булевский вектор, коэффициент Танимото-Роджерса, методика синтеза статической структуры.

Введение

Становление информационной экономики привело к изменениям на микроуровне, в частности, к появлению новых субъектов экономики – виртуальных производственных предприятий (ВПП). Характерными особенностями ВПП, среди прочих, является сравнительно малый объем материальных активов и территориальная распределенность производственных мощностей, которые, как правило, являются собственностью субподрядчиков.

Одним из основных вопросов обеспечения эффективного функционирования виртуального производственного предприятия является его устойчивость. Устойчивость, как показано в работе [3], характеризует равновесное состояние элементов экономической системы, что является обязательным условием сохранения ее целостности от действий негативных факторов, образующих риски. Данный показатель отражает качественный аспект и стабильность работы предприятия, его экономическое развитие, является основной для увеличения доходов и прибыли предприятия. Устойчивость означает также способность предприятия достичь сбалансированного состояния финансовых, материальных, трудовых и информационных ресурсов.

В рыночных условиях возрастает неопределенность процессов, связанных с управлением виртуальными производственными предприятиями, что повышает уровень появления рисков снижения его устойчивости. Виртуальное производственное предприятие находится в зоне повышенного риска, поскольку для него реальны как традиционные риски производственного предприятия, так и риски, связанные с виртуальной формой организации.

Управление виртуальным производственным предприятием предполагает реализацию следующих функций: оценку уровня экономической устойчивости, моделирование и анализ изменений индикаторов (целей, задач, формирование рационального ассортимента и т.д.). В функции управления виртуальными производственными предприятиями входит также контроль и управление такими составляющими виртуального предприятия, как финансовый блок, комплекс маркетинговых мероприятий, коммуникации с клиентами, логистические операции и безопасность.

Анализ современного состояния теоретических и прикладных аспектов формирования и функционирования виртуальных предприятий позволил идентифицировать следующие проблемы управления виртуальными производственными предприятиями:

- отсутствие развитой инфраструктуры для формирования электронных партнерств через потенциальных агентов сети;
- отсутствие адекватных методов оценки управленческих решений, устойчивости, надежности агентов;
- затрудненность информационного взаимодействия агентов, в силу отсутствия единых стандартов обмена данными, согласования различных информационных продуктов и систем.

Основы теории гиперустойчивости были созданы румынским математиком В. М. Поповым. В том варианте, как она была построена Поповым, теория гиперустойчивости не была рассчитана на анализ всех возможных видов систем. Современные методы оценки эффективности функционирования сложных систем, построенные на базе теории гиперустойчивости, можно рассматривать в качестве конкурентоспособной альтернативы другим методам анализа устойчивости. В данной статье содержится подробное обсуждение этого утверждения. У подхода, основанного на теории гиперустойчивости, имеется много преимуществ. Данный метод обеспечивает на регулярной основе проверку устойчивости, позволяя лучше понять возникающие проблемы, поскольку располагает возможностями их визуализации. Более того, этапы используемой аналитической процедуры можно заменить их численными аналогами, рассчитанными на использование компьютера (т.е. данный метод поддается автоматизации).

Рассмотрим свойство гиперустойчивости систем на примере системы SISO-типа. Предположим, что рассматриваемая система активируется входным сигналом u , который действует в течение ограниченного промежутка времени (рис. 1, а). Энергия, доставляемая в систему сигналом u , ограничена. Примем, что это входное воздействие и вызывает ограниченный рост значе-

ний переменных состояния x (этот рост оценивается по норме $\|x(t)\|$, как это показано на рис. 1, б).

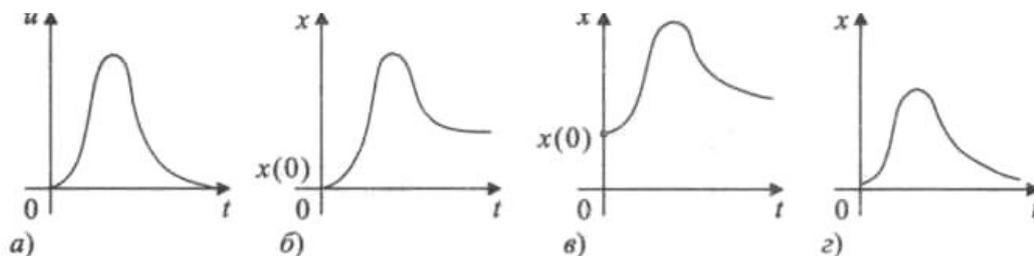


Рисунок 1 – Иллюстрация идеи гиперустойчивости

Примечание: (а) – входной сигнал $u(t)$, (б) – переменная состояния гиперустойчивой системы для $x(0) = 0$, (в) – переменная состояния гиперустойчивой системы для $x(0) \neq 0$, (г) – переменная состояния для асимптотически гиперустойчивой системы

Разумеется, рост значений переменных состояния сопровождается увеличением энергии системы. Если увеличение энергии системы зависит исключительно от энергии, поступающей с входным сигналом (ее можно оценить с помощью β_0 , а в конечном счете от потенциальной энергии, определяемой начальными условиями (оцениваемой по норме $\|x(0)\|$, рис. 1, в), тогда данную систему можно считать гиперустойчивой.

Таким образом, гиперустойчивая система не содержит внутренних источников энергии. Это значит, что нарастание амплитуды переменных состояния x , порождаемое входным сигналом u , зависит от энергии, поступающей с входным сигналом. По этой причине значения переменных состояния не могут стремиться к бесконечности, если значения уровня входного сигнала ограничены. Если состояние системы $x(t)$ стремится к нулю, (рис. 1, г), то система называется асимптотически гиперустойчивой.

Отметим, что выходной сигнал $y = Cx + Du$ линейно зависит от входного сигнала и состояния системы (рис. 2). Ограничения на значения векторов x и u приводят к ограничениям на значения выходного вектора y .

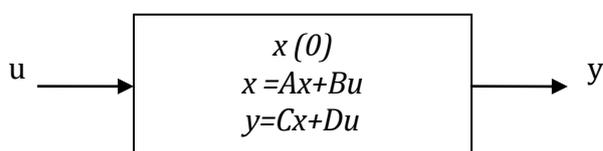


Рисунок 2 – Многомерная стационарная линейная система

Если размерность входного вектора и совпадает с размерностью выходного вектора y , а система является полностью управляемой (это зависит от матриц A и B) и наблюдаемой (это определяется матрицами C и D), то рассматриваемая система будет гиперустойчивой.

Результаты исследования

Построение структуры множества целей и задач виртуального предприятия. Спецификой виртуального производственного предприятия является то, что его устойчивость зависит от четко и правильно поставленных задач (на основе проделанных маркетинговых исследований), целей и определения точного количества производимого оборудования (так как на виртуальном предприятии нет склада, и практикуется ориентация на отгрузку готовой продукции потребителю в режиме Just-in-Time).

Цели функционирования виртуального производственного предприятия дифференцируются как по классам (горизонтальное деление), так и по уровням (вертикальное деление) и образуют иерархическую систему, в которой цели нижних уровней конкретизируют цели более высоких уровней, являются выходами деятельности отдельных подструктур и отражают вклад этих подструктур в достижение конечных целей виртуального производственного предприятия [1].

Выявление иерархии целей и подцелей – один из ключевых моментов синтеза организационной структуры (ОС) виртуального производственного предприятия.

Согласно [3], полученная система целей должна удовлетворять следующим требованиям:

- соподчиненность: цели нижнего уровня должны быть подчинены целям более высокого уровня, представлять собой их составляющие, вытекать из них, обеспечивать их достижение;
- сопоставимость: на каждом уровне ОС виртуального производственного предприятия должны располагаться цели примерно одного масштаба и значимости;
- полнота: система целей должна включать всю совокупность целей, определяемую соответствующей главной целью высшего уровня;
- взаимоувязанность: в системе не должны присутствовать изолированные цели, а различные цели не должны противоречить друг другу.

В конечном счете, из элементов низшего уровня иерархии целей составляется список первичных задач виртуального производственного предприятия, который служит основной исходной информацией для процедуры синтеза первоначальной иерархической структуры.

Построение первоначальной иерархической структуры виртуального производственного предприятия. Система целей виртуального предприятия служит основным фактором, определяющим его структуру. Конечно, нельзя говорить об однозначном соответствии между сформулированными целями и организационными формами их достижения, поскольку большое значение имеют и такие характеристики, как масштаб виртуального производственного предприятия, характер, объем и технология выполняемых им задач, типы связей между агентами, и многие другие условия функционирования.

Структура, сформированная на основе использования системы целей, позволяет обеспечить ориентацию каждой подструктуры на достижение одной цели или группы взаимосвязанных целей. Наряду с этим достигается соответствие между суммой подцелей, закрепленных за отдельными подструктурами, и целями высшего уровня. При этом решается задача установления рациональных связей между подструктурами при реализации межфункциональных программ, в частности путем сочетания вертикального и горизонтального способов осуществления связей, минимизации числа промежуточных связей, усиления прямых контактов между подсистемами [4].

Рассмотрим концептуальную и математическую модели построения первоначальной иерархической структуры виртуального производственного предприятия, следуя преимущественно работе [7].

Основой для построения первоначальной иерархической структуры виртуального производственного предприятия служит множество задач нижнего уровня дерева целей, удовлетворяющих двум признакам:

- их трудоемкость соответствует средним возможностям разработчиков;
- связи их подзадач внутренне замкнуты.

На этом множестве задач в общем случае задается четыре типа связей (факторов, порождающих необходимость координации): по входу, по выходу, по оператору преобразования, по последовательности стадий разработки. Решение вопроса о том, какие типы связей следует считать существенными для конкретного ВПП, представляет собой неформализуемую процедуру, реализуемую на основе содержательного изучения системы.

Основная идея методики заключается в получении такого разбиения ВПП на структурные подсистемы, чтобы каждой из них соответствовали наиболее тесно связанные между собой задачи из числа выделенных. Это позволяет минимизировать взаимодействие между подструктурами, облегчить согласование результатов решения задач, распределение и перераспределение ресурсов.

При переходе от концептуальной модели к математической выделяются два аспекта: построение формальных аналогов задач и формализация сведений об их взаимосвязи.

Пусть при определении взаимосвязи между задачами учитывается n признаков. Тогда каждой задаче сопоставляется n -мерный булевский вектор (1):

$$r = (r_1, \dots, r_n), \quad (1)$$

где $r_i = 1$, если i -й признак присущ данной задаче и $r_i = 0$ в противном случае.

Например, если есть необходимость учитывать взаимосвязь задач по достижению некоторой цели, то эта цель будет выступать в качестве такого

признака, и у задач, направленных на реализацию указанной цели, соответствующая компонента информационного вектора будет равна единице.

Формализация взаимосвязей между задачами осуществляется с помощью метрики $\rho(a, b)$ на множестве задач, характеризующей силу связей между задачами a и b . Такая метрика называется мерой близости. В качестве примера меры близости используется взвешенный коэффициент Танимото–Роджерса (2).

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{q=1}^n \frac{r_i^q r_j^q}{N_q}}{\sum_{q=1}^n \frac{r_i^q}{N_q} + \sum_{q=1}^n \frac{r_j^q}{N_q} - \sum_{q=1}^n \frac{r_i^q r_j^q}{N_q}}, \quad (2)$$

где r_i^q – q -я компонента i -го информационного вектора;
 N_q – число задач, обладающих q -м признаком [2].

Таким образом, если P – множество выделенных задач, то мера близости есть функция $\rho: P \times P \rightarrow [0, 1]$.

Поэтому математическая модель, соответствующая задаче построения первоначальной иерархической структуры (т.е. разбиения множества задач на группы задач, тесно связанных в смысле заданной меры близости), имеет вид множества n -мерных булевских векторов вида (1), на котором определена мера близости (например, вида (2)), задающая двумерные связи.

Для решения задачи построения первоначальной иерархической структуры виртуального производственного предприятия как задачи автоматической классификации целесообразно применять так называемые иерархические агломеративные процедуры кластер-анализа [5]. Принцип работы иерархической агломеративной процедуры состоит в последовательном объединении групп элементов: сначала самых близких, а затем все более отдаленных друг от друга. С определенной точки зрения иерархические агломеративные процедуры дают более полный анализ структуры исследуемого множества объектов по сравнению с другими процедурами кластер-анализа.

Определение ориентировочной численности сотрудников виртуального производственного предприятия и функционального состава производимой им продукции. Следующим этапом предлагаемой методики синтеза ОС виртуального производственного предприятия является процедура определения численного и качественного состава производимой продукции, формирующегося на этапе построения первоначальной иерархической структуры. При ее создании использованы идеи работ [5-7].

Математическая постановка задачи определения численного и качественного состава производимой на виртуальном производственном предприятии продукции имеет следующий вид.

Пусть M – множество потенциально-производимой продукции, а N – множество задач. Пусть каждой паре $(i, j), i \in M, j \in N$, соответствует характеристика a_{ij} , представляющая собой либо некоторое неотрицательное число, либо набор таких чисел; при этом каждое число является количественной оценкой пользы (эффективности) от производства i -го вида продукции ВПП в выполнении j -го задания.

Требуется определить такое подмножество продукции $M^* \subseteq M$, чтобы $|M^*| = \min_s |M_s|$, где M_s – любое непустое подмножество M , при условии, что совокупные эффективности выполнения каждого задания, зависящие от числа M_s , равны или не меньше заданных. Выбор целевой функции может быть интерпретирован, например, как стремление минимизировать стоимость оборудования.

Во временном аспекте задачи могут быть динамическими, когда, скажем, a_{ij} – объем выполняемых функций i -м оборудованием виртуального предприятия в течение j -го периода, и статическими, когда i -м оборудованием выполняются различные по характеру функции.

Конкретный вид задачи о минимуме объема производимой продукции определяется содержательным смыслом эффективностей a_{ij} и ограничений b_j на совокупную эффективность выполнения функциональных задач оборудованием.

В общем виде эту задачу можно определить так (3)-(5):

$$\sum_{i=1}^m x_i \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \geq b_j, j = 1, \dots, n_k, \quad (4)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad (5)$$

где m – число производимого оборудования;

n_k – число выполняемых функций, решаемых в k заказе виртуального предприятия;

x_i – количество продукции i -го вида;

$a_{ij} = 1$ – оборудование i -го способно решить j -ю задачу, $a_{ij} = 0$ – в противном случае;

b_j – необходимая кратность выполнения j -й задачи.

Эта модель является упрощенной и позволяет получить лишь грубую оценку необходимого ассортимента продукции виртуального производственного предприятия.

Более содержательная модель имеет вид (6)-(9):

$$\sum_{i=1}^m c_i x_i \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \geq b_j, j = 1, \dots, n_k, \quad (7)$$

$$0 \leq x_i \leq d_i^k, i = 1, \dots, m \quad (8)$$

$$\forall i \quad x_i - \text{целое число}, \quad (9)$$

где c_i – условная оценка важности i -го вида оборудования;
 a – эффективность выполнения j -й задачи агентом производимого i -й вид оборудования ;
 b_j – необходимая совокупная эффективность выполнения j -й задачи;
 d_i^k – предельно допустимое число оборудования i -го вида для k заказа.

Определение исходных данных для задачи (3)–(5) представляет собой отдельную проблему. Числа n_k получаются в результате решения задач предыдущего этапа синтеза структуры. Величины a_{ij} , b_j и d_i^k находятся путем проведения экспертизы; в качестве интервала изменения a_{ij} , b_j может быть взят любой целочисленный интервал. Определение b_j может вызвать затруднения; в этом случае возможна организация специальных вычислительных экспериментов с целью подбора b_j .

Разумеется, такая проблема, как определение количества производимого на виртуальном производственном предприятии конкретного вида продукции, требующая учета множества плохо формализуемых факторов, не может быть полностью решена и рамках оптимизационной модели. Однако применение представленных выше моделей дает возможность найти подходы к ее решению, проясняет «узкие места» и тем самым служит отправной точкой для последующего содержательного анализа.

При решении задачи в случае стационарной среды топ менеджер виртуального производственного предприятия время от времени отказывается от хорошего выбора и как бы пробует, что получится, если сменить стратегию. Наиболее ярко это проявляется, когда предпочтительность того или иного выбора близка к предельной. Чем яснее и проще решение, тем менее устойчиво поступает человек.

Выводы

Виртуальные производственные предприятия имеют следующие особенности по сравнению с обычным предприятием:

- 1) нестабильность структуры управления и состава агентов;
- 2) достижение необходимой гибкости структуры управления за счет высокой сложности реализации бизнес процессов на основе кооперации и партнерства агентов;
- 3) отсутствие склада;
- 4) координация и интеграция нескольких информационных источников в режиме реального времени;
- 5) зависимость устойчивости функционирования ВПП от своевременности и правильности управленческих решений;
- 4) высокая степень комплексности деловых процессов, что приводит к необходимости разработки эффективных способов поиска решений и их согласованию между участниками ВП.

Для устойчивого функционирования виртуального предприятия большое значение имеет определение актуальных целей и задач, а также эффективность принятия управленческих решений.

Перечень использованных источников

1. Апатова Н. В. Віртуальне торгівельне підприємство як новий суб'єкт економіки / Н. В. Апатова, С. В. Малков // Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія «Економіка і управління». – 2013 – Т. 26(65). – № 1. – С. 3-11.
2. Андерссон С. Инновационная интернационализация в новых фирмах (опыт Швеции) / С. Андерссон, В. Ингемар // Проблемы теории и практики управления. – 2004. – № 1. – С. 41-62.
3. Аникин Б. А. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций: учеб. пособие / Б. А. Аникин. – Москва : ИНФРА-М, 2003. – 187 с.
4. Виттих В. А. Разработка мультиагентной системы для моделирования процессов принятия решений в компаниях с виртуальной организацией / В. А. Виттих, П. О. Скобелев // Труды XVI Международного конгресса ИМАКС-2000. – Лозанна (Швейцария), 21-25 августа 2000. – С. 526.
5. Кравченко В. И. Проектирование средств электронной коммерции для предприятия малого бизнеса / В. И. Кравченко, В. В. Кравченко // Економіка промисловості. – 2009. – № 1. – С. 95-101.
6. Сергеева О. В. Методика оцінки економічної стійкості торговельних підприємств / О. В. Сергеева // Торгівля і ринок України. – 2008. – Вип. 25. – Т. 1. – С. 127-135.

7. Борячок В. М. Разработка методики оценки экономической эффективности функционирования системы электронной коммерции / В. М. Борячок // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2005. – № 1 (21). – С. 144-146.

© А. П. Собчак, И. В. Шостак

Estimation of efficiency of virtual productive enterprise functioning with the use of concept of hyperstability

Sobchak Andrii

N. E. Zhukovsky National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Associate Professor of Department of Management, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Ukraine

Shostak Igor

N. E. Zhukovsky National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Professor of Department of Computer Engineering, Doctor of Science (Technique), Professor, Ukraine

Abstract. The concept of hyperstability of the cybernetic system is considered in an appendix to the task of estimation of efficiency of virtual productive enterprise functioning. The basic factors, influencing on efficiency of functioning of such enterprise are determined. The article offers the methodology of synthesis of static structure of the system of support of making decision by managers of virtual enterprise, in particular procedure of determination of numerical and high-quality strength of equipment, producible on a virtual enterprise.

Keywords: virtual enterprise, hyperstability, SISO-type system, boole vector, Tanimoto-Rogers coefficient, methodology of synthesis of static structure.

© A. Sobchak, I. Shostak