Романов Вадим Николаевич

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МАТРИЦ ДЛЯ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ И АДАПТИВНОСТИ СИСТЕМ

В статье проведено исследование возможности применения нечетких матриц для анализа и оценки системных свойств, в частности, устойчивости и адаптивности систем. Показаны преимущества предлагаемого подхода, позволяющего учесть направленность и силу взаимодействия между компонентами системы и прогнозировать изменение ее свойств.

Источник
Альманах современной науки и образования
Тамбов: Грамота, 2014. № 1 (80). C. 94-96. ISSN 1993-5552.
Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html
Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2014/1/

УДК 519.8
Физико-математические науки

В статье проведено исследование возможности применения нечетких матриц для анализа и оценки системных свойств, в частности, устойчивости и адаптивности систем. Показаны преимущества предлагаемого подхода, позволяющего учесть направленность и силу взаимодействия между компонентами системы и прогнозировать изменение ее свойств.

Ключевые слова и фразы: нечеткие матрицы взаимодействия; стабильность; устойчивость систем по возмущению; устойчивость систем по состоянию; адаптивность систем; вертикальная целостность и горизонтальная обособленность.

Романов Вадим Николаевич, д.т.н., профессор
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
vromanvpi@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ МАТРИЦ ДЛЯ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ И АДАПТИВНОСТИ СИСТЕМ©

Методы анализа устойчивости систем зависят от типа модели, используемой для их описания [4, с. 161]. В случае внутреннего описания применяются алгебраические методы [1, с. 279]. Для систем с внешним описанием используются топологические методы [3, с. 314; 6, с. 141]. Для анализа возмущений в системах применяются матричные методы, при этом используются булевы матрицы, состоящие из нулей и единиц [2, с. 176]. В настоящей статье исследуется возможность применения нечетких матриц для представления и оценки взаимосвязей (взаимодействия, взаимовлияния) компонентов системы. Задача формулируется в следующем виде. Имеется система, на элементах которой задано нечеткое бинарное отношение $R \subset X \times Y$, причем множества X и Y могут совпадать или быть различными. Требуется оценить устойчивость, адаптивность и другие свойства системы при действии возмущений. Представим отношение в виде матрицы S, состоящей из нечетких градаций. Обычно значения матрицы интерпретируются как степень уверенности в выполнении отношения [5, с. 122]. Для данного случая будем интерпретировать матрицу как схему взаимосвязей (взаимодействия, взаимовлияния) между компонентами системы. Элементами матрицы в зависимости от уровня анализа могут быть объекты, их состояния или характеристики состояний. Предположим, что величины могут изменяться в пределах [ОН, ОВ], определяющих область устойчивости системы, где ОН – очень низкое значение, ОВ – очень высокое. Общий вид матрицы S для совпадающих множеств X и Y представлен в Табл. 1.

Таблица 1. *Матрица взаимосвязей (взаимовлияния) компонентов системы*

Компоненты	x_1	x_2	…	x_n
x_1	s_{11}	s_{12}	…	s_{1n}
x_2	s_{21}	s_{22}	…	s_{2n}
…	…	…	…	…
x_n	s_{n1}	s_{n2}		s_{nn}

Примечание. *Элементы в ячейках матрицы представлены нечеткими градациями.*

В Табл. 1 значение нечеткой градации в ячейке (i, k) показывает силу взаимосвязи (влияния) компоненты x_i на компоненту x_k, знак градации определяет направленность влияния: знак «+» означает усиление, а знак «–» означает ослабление. Например, если $s_{12} = \text{С}$, то компонента x_1 усиливает компоненту x_2 в средней степени, если $s_{21} = \text{В}^-$, то x_2 ослабляет x_1 в высокой степени и т.д. Матрица взаимосвязей является симметричной, матрица взаимного влияния может быть несимметричной. Некоторые из компонентов могут ассоциироваться с входами или выходами системы. Матрица анализируется на трех уровнях: ОН∨Н, С и В∨ОВ. Компонента системы с уровнем взаимосвязи ОН∨Н имеет низкую чувствительность к внешним возмущениям, компонента с уровнем С – среднюю, а компонента с уровнем В∨ОВ имеет высокую чувствительность к внешним возмущениям. Адаптивность системы обусловлена воздействием (ограничениями) со стороны внешних систем, поэтому адаптивность для компонент с уровнем взаимосвязи ОН∨Н выше, чем для компонент с уровнем связи С и, тем более, с уровнем связи В∨ОВ. Если множества X и Y различны, то элементы Y рассматриваются как функции элементов X, а именно, анализируется матрица $Y \times Y$ для элемента x_1, затем для элемента x_2 и т.д. Анализ выполняется на трех уровнях градаций, указанных выше. Аналогично элементы множества X рассматриваются как функции элементов множества Y, а именно, для каждого элемента множества Y анализируются соответствующие матрицы $X \times X$. Если мощность множества с низким уровнем взаимодействия элементов возрастает, то в системе развивается горизонтальная обособленность, и она становится более устойчивой. Если возрастает мощность множества с высоким уровнем взаимодействия, то в системе развивается вертикальная целостность, и система становится менее устойчивой. Если возрастает мощность множества со средним уровнем взаимодействия, то система находится в сбалансированном состоянии по отношению к обоим процессам, и устойчивость сохраняется. Отношение изменения мощности множества данного уровня к мощности всего множества показывает степень изменения свойства (например, устойчивости, адаптивности, обособленности, целостности и т.п.). Рассмотрим процесс распространения возмущения в системе с одним входом и одним выходом. Предположим, что на компоненту x_i системы в момент времени t_0 действует возмущение β. Тогда возмущение компоненты x_j в момент t, обусловленное компонентой x_i, можно представить в виде

$$\Delta x_j(t) = \Delta x_j(t_0) + \beta(I + S + S^2 + ... + S^k)_{ij}, \tag{1}$$

где $t = t_0 + k$, $\Delta x_j(t_0)$ – начальное возмущение компоненты x_j, I – единичная матрица, i – номер строки, j – номер столбца соответствующей матрицы. Условие устойчивости системы по состоянию в интервале времени $t - t_0 = k$ записывается в виде

$$\left|\Delta x_j(t)\right| \le \text{ОВ} \tag{2}$$

для любого j. Условие устойчивости системы по возмущению имеет вид

$$\left|S_{ij}^k(t)\right| \le \text{ОВ} \tag{3}$$

для любых i и j. Пусть теперь возмущение в момент t_0 действует на все компоненты системы, причем возмущение β_i соответствует компоненте x_i. Тогда возмущение компоненты x_j, обусловленное возмущением компоненты x_i, определяется выражением

$$\Delta x_{j(i)}(t) = \Delta x_j(t_0) + \beta_i(I + S + S^2 + ... + S^k)_{ij}, \tag{4}$$

где $t = t_0 + k$, $\Delta x_j(t_0) = \beta_{j0}$, индексы i, j независимо пробегают значения 1, 2, …, n. Условия неустойчивости системы по состоянию (значению) записываются в виде

$$\max_{i,j}\left|\Delta x_{j(i)}(t)\right| > \text{ОВ}, \tag{5}$$

а условия неустойчивости по возмущению определяются неравенством

$$\max_{i,j}\left|S_{ij}^k(t)\right| > \text{ОВ}. \tag{6}$$

Пусть для определенности x_1 – вход, а x_n – выход системы. Тогда неустойчивость по состоянию (значению) на выходе, обусловленная возмущением на входе, определяется соотношением

$$\left|\Delta x_{n(1)}(t)\right| > \text{ОВ}, \tag{7}$$

а по возмущению – соотношением

$$\left|S_{n(1)}^k(t)\right| > \text{ОВ}. \tag{8}$$

Пример. Рассмотрим несколько характерных типов структуры матриц взаимосвязей (взаимовлияния). Для упрощения анализа будем представлять матрицы в блочном виде, что соответствует подсистемам анализируемой системы. Исходная матрица первого типа представлена в Табл. 2.

Таблица 2. *Матрица взаимосвязей (взаимовлияния) первого типа*

ОН∨Н (I)	С (II)
С (III)	В∨ОВ (IV)

Примечание. *Здесь и далее ОН – очень низкое значение, Н – низкое, С – среднее, В – высокое, ОВ – очень высокое. Знаки взаимосвязей (взаимовлияния) элементов внутри блоков могут быть как положительными, так и отрицательными.*

Расчеты с помощью соотношений (1), (4) показывают, что если в четвертом блоке используется значение В, то система устойчива по возмущению при любом входном сигнале, изменяющемся в допустимом диапазоне [ОН, ОВ], но неустойчива по состоянию. Если в четвертом блоке используется значение ОВ, то система в целом неустойчива и по возмущению, и по состоянию. Эти выводы справедливы, если имеются как положительные, так и отрицательные связи между компонентами системы. Рассмотрим матрицу второго типа, представленную в Табл. 3.

Таблица 3. *Матрица взаимосвязей (взаимовлияния) второго типа*

ОН∨Н (I)
С (II)
В∨ОВ (III)

Расчеты показывают, что если в третьем блоке используется значение В или ОВ, то система устойчива по возмущению, но может быть неустойчива по состоянию, точнее, блоки (I) и (II) устойчивы по состоянию, а блок (III), имеющий «жесткие» связи, неустойчив по состоянию. Рассмотрим матрицу третьего типа, транспонированную к предыдущей, представленную в Табл. 4.

Таблица 4. *Матрица взаимосвязей (взаимовлияния) третьего типа*

ОН∨Н (I)	С (II)	В∨ОВ (III)

Результаты аналогичны предыдущему случаю, а именно, если в третьем блоке используется значение В или ОВ, то система устойчива по возмущению, но может быть неустойчива по состоянию, точнее, блоки (I) и (II) устойчивы по состоянию, а блок (III), имеющий жесткие связи, неустойчив по состоянию. Очевидно, что если начальное возмущение системы в каком-то состоянии значительно (градации С, В или ОВ), то она при действии возмущения, скорее всего, будет неустойчива по состоянию, что следует из соотношений (1), (4), (5). Если же начальное возмущение мало (градации ОН или Н), то система будет более устойчива по состоянию. Полученные результаты применимы и в общем случае к системам со структурой разного типа, например, к системам, состоящим только из компонентов со слабыми, средними или жесткими связями. При этом адаптивность системы больше связана с устойчивостью по возмущению, а стабильность – с устойчивостью по состоянию. Проведенное исследование позволяет анализировать изменение и других свойств системы при действии возмущений, например, таких как надежность и качество функционирования.

Список литературы

1. **Беллман Р.** Введение в теорию матриц. М.: Наука, 1969. 368 с.
2. **Касти Дж.** Большие системы. М.: Мир, 1982. 216 с.
3. **Куратовский К.** Топология: в 2-х т. М.: Мир, 1966. Т. 1. 594 с.
4. **Романов В. Н.** О проблеме устойчивости больших систем // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 9 (76). С. 160-164.
5. **Романов В. Н.** Определение существенных признаков в задачах идентификации топологическими методами // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 7 (74). С. 122-129.
6. **Романов В. Н., Смирнова Е. А.** Применение топологических методов к анализу системы образования // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 6 (73). С. 141-145.

FUZZY MATRIXES APPLICATION FOR ANALYSIS OF SYSTEMS SUSTAINABILITY AND ADAPTIVITY

Romanov Vadim Nikolaevich, Doctor in Technical Sciences, Professor
National Mineral Resources University (University of Mines)
vromanvpi@mail.ru

This paper investigates the possibility of fuzzy matrixes application to analyze and evaluate system properties, in particular, systems sustainability and adaptivity. The advantages of the proposed approach allowing taking into account the direction and strength of the interaction between system components and predicting its properties change are shown.

Key words and phrases: fuzzy matrixes of interaction; stability; systems sustainability according to disturbance; systems sustainability according to condition; systems adaptivity; vertical integrity and horizontal isolation.

УДК 339.1
Экономические науки

Статья раскрывает особенности сбыта инновационных продуктов, которые включают в себя не только товары, но и технологические, управленческие и экономические процессы. Основное внимание авторы акцентируют на разделении сбыта инноваций в секторе промышленности и розничной торговли, а также описывают различия в организации продаж и рекламной деятельности для данной продукции.

Ключевые слова и фразы: сбыт; инновации; продажи; промышленный маркетинг; потребительский маркетинг.

Рубаник Елена Александровна
Щербакова Елена Геннадьевна, к.э.н., доцент
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева
rubanik_elena@yahoo.com; scherbakovaeg@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ СБЫТА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ©

Последний финансовый кризис четко выявил остроту проблемы сырьевого характера экономики России. Представители бизнеса все больше осознают, что в ближайшее время необходимо прибегнуть к созданию и