

УДК 681.3.06

Дата подачи статьи: 24.03.16

DOI: 10.15827/0236-235X.114.062-069

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О РЕИНЖИНИРИНГЕ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

*О.В. Шильникова, аспирант, старший преподаватель, tmo@mite.ru  
(Смоленский филиал Национального исследовательского университета МЭИ,  
Энергетический проезд, 1, г. Смоленск, 214013, Россия)*

Статья посвящена эволюции информационно-управляющих систем. В начале жизненного цикла этих систем моделирование процесса поддержки их работоспособности осуществляется с целью оптимизации использования состава ресурсов, необходимых на первом этапе. Модель учитывает, что параметры системы постепенно дрейфуют и уходят достаточно далеко от оптимальных значений, а фазовая траектория эволюции системы «притягивается» к стабильной, но неоптимальной точке. В итоге это свидетельствует о том, что, возможно, выполняются необходимые условия достижения точки бифуркации. Приведение системы к более эффективному состоянию, не прерывая ее жизненного цикла, требует некоторых специальных решений, одним из которых является выпуск следующей версии системы. Качественный и количественный анализ функциональных параметров, эксплуатационных свойств и живучести распределенной многоуровневой информационно-управляющей системы выполняется с помощью компьютерных средств моделирования, в том числе имитационного. Модели учитывают неоднородность и изменчивость структуры, пропускную способность каналов связи и свойства распределенной БД. В последнее время актуальными становятся исследования свойств эволюционирующих информационных систем в управлении корпорациями. При наличии в корпорациях научно-исследовательских IT-подразделений одними из их новых важнейших функций могут стать собственные системно-аналитические исследования и постановки задач системного анализа корпоративных информационно-управляющих систем для университетов.

**Ключевые слова:** информационно-управляющая система, жизненный цикл, синергия, холдинг, эволюция, эмерджентность, вложенные цепи Маркова, имитационная модель, точка бифуркации, аттрактор, странный аттрактор.

Холдингом обычно называют систему хозяйствующих организаций, которая включает в себя управляющую компанию, владеющую контрольными пакетами акций и/или паями, и дочерние компании. Управляющая компания может выполнять не только управленческие, но и производственные функции. Дочерней же признается хозяйственная организация, действия которой определяются основной хозяйственной организацией (обществом или товариществом) либо в силу преобладающего участия в уставном капитале, либо в соответствии с заключенным между ними договором, либо иным образом. В разных странах холдинги могут иметь различные свойства.

Наряду с холдингами существует консорциум – менее жесткая форма ассоциации независимых предприятий и организаций с небольшим жизненным циклом, создаваемой, как правило, без образования юридического лица с целью координации их деятельности. Внутри консорциума роли распределяются так, чтобы каждый участник работал в той сфере деятельности, где он достиг наивысшего технического уровня при наименьших издержках производства. В целом, если отбросить финансово-правовые и временной аспекты в различиях объединений типа холдинга и консорциума, в их результативности можно заметить много общего. Рассмотрим объединения типа холдинга.

В управлении холдингами обычно используются корпоративные *информационно-управляющие системы* (ИУС) для поддержки принятия решений (management information systems – MIS [1, 2]), создаваемые в зависимости от истории об-

разования и развития самого холдинга как «снизу вверх», так и «сверху вниз».

Внедрение ИУС на уровне холдинга, как правило, требует применения модульного подхода [3, 4]. Первоочередными задачами создаваемой ИУС являются автоматизация бухгалтерского и налогового учета, кадрового учета, расчета заработной платы. Последующими – реализация следующих функций:

- производство плюс финансы в производственных организациях холдинга;
- сбыт плюс финансы в сбытовых организациях;
- финансы холдинга в целом;
- планирование и оптимизация производственных программ;
- управление мероприятиями энерго- и ресурсосбережения.

На сегодня подобные и некоторые другие компьютерно-затратные задачи в целом решаются, например, в нефтяных холдингах. Причем разнообразность программно-технических средств, используемых различными подразделениями – организациями холдинга, существенно снизилась, но задачи повышения эффективности ИУС в холдингах по-прежнему актуальны [4].

Одной из особых сложностей поддержания ИУС холдинга в актуальном состоянии является управление ее эволюцией в условиях возможного появления функциональных дефектов при переходе на новые версии системы. Эволюция информационной системы в холдинге – это сложный процесс функционирования на разных этапах ее жиз-

ненного цикла. В последние пять лет в России и за рубежом выполнялись соответствующие исследования и получены следующие результаты:

а) появились новые научные исследования в области системного анализа эволюции информационных управляющих систем [2] с применением аттракторов и странных аттракторов [5];

б) возникло новое научное направление – теория сложности развивающихся информационных систем [6];

в) много внимания уделяется моделям развития информационных систем с учетом сопутствующих процессов появления дефектов в разных версиях ИУС, их диагностики (локализации) и устранения [3, 7];

г) созданы новые подходы и точки зрения на оценку эффективности информационных систем, например, через линзу эмерджентности [8];

д) получены новые результаты по адаптивным свойствам информационных систем в управлении не только главной управляющей компании, но и автономных производств в дочерних компаниях холдинга [9].

**Реинжиниринг ИУС.** Одной из особых сложностей поддержания ИУС корпорации в актуальном состоянии является управление ее эволюцией [1], которая, к сожалению, проходит в условиях возможного появления функциональных дефектов при переходе на новые версии системы. Однако синергия в процессе эволюции ИУС продлевает ее жизненный цикл. Эволюция системы – это изменение ее количественных свойств во времени на детерминистском этапе жизненного цикла, в то время как развитие включает в себя и эволюционные детерминистские этапы, и качественные скачки, происходящие в точках бифуркации. Несомненно, возможность информационной системы эволюционировать способствует снижению затрат на ее сопровождение, а также увеличению времени эксплуатации. Эволюция ИУС – сложный процесс функционирования на разных этапах жизненного цикла, при котором происходят развитие системы, смена версий, то есть реинжиниринг не только корпорации, но и ее ИУС [3].

В целом функционирование ИУС в холдинге может быть представлено по-разному (например, см.: <http://www.olap.ru/catalog/infovizor.asp>), в том числе так, как показано на рисунке 1.

Далее для анализа ИУС используются методы системного инжиниринга и применяются термины, которые не всегда одинаково трактуются разными исследователями, поэтому определим такие теоретические понятия, как аттрактор, бифуркация, дефект, синергия, странный аттрактор, эволюция системы, эмерджентность.

**Аттрактор** – совокупность условий, при которых выбор путей эволюции разных систем происходит по сходящимся фазовым траекториям и в конечном итоге как бы притягивается к одной точке, которая при определенных условиях может быть точкой бифуркации [1, 10].

**Бифуркация** – раздвоение или выбор пути развития системы (фазовой траектории). В процессе эволюции накапливается столько количественных изменений, что состояние системы становится критическим. Она теряет запас устойчивости относительно флуктуаций траектории развития жизненного цикла, и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет в новое качественное состояние [10]. Бифуркация – это альтернативное состояние (синоним – точка бифуркации), в которое система попадает из состояния эволюции. Если в точке бифуркации принимается решение, выводящее систему из неопределенного состояния, то ее жизненный цикл продолжается, а эволюция продолжается с этой точки отсчета. Структурные изменения, переводящие информационную систему на новую ступень эволюции в точках бифуркации, происходят за счет разработки и выпуска новых версий системы.

**Дефект** – неприятное явление, которое приводит к случайной логической некорректности функционирования системы, хотя в целом система остается работоспособной [3, 11]. Как правило, дефект – это следствие некорректного программного обеспечения, и намного реже – неправильной работы ап-

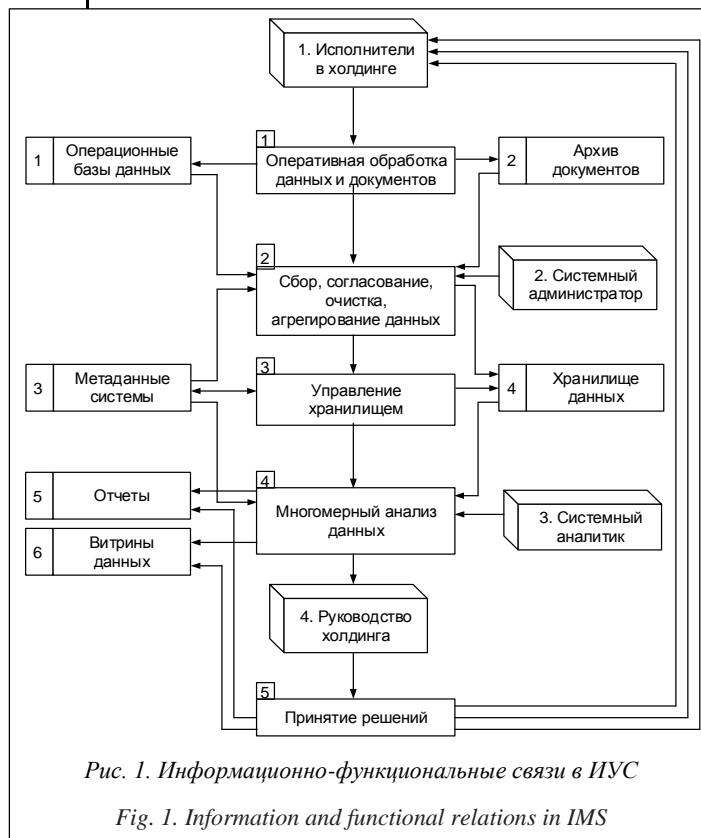


Рис. 1. Информационно-функциональные связи в ИУС

Fig. 1. Information and functional relations in IMS

паратуры. К сожалению, дефекты приводят к административным последствиям в отношении команды, сопровождающей систему, хотя зачастую не она их сгенерировала. Не следует отождествлять дефект с неисправностью системы: либо неисправная система не работает, либо результат ее функционирования неправильный и даже опасный. Но дефектная система функционирует менее эффективно по сравнению с бездефектной и быстрее приходит в точку бифуркации. Устранение дефектов подобно поиску и удалению ошибок в программах.

*Синергия* – это суммирующий эффект воздействия на систему  $Q_s$  двух или более взаимодействующих компонент (или факторов)  $q_i$  из их общего числа  $n$ , характеризующийся тем, что их совместное действие существенно превосходит эффект каждого отдельного компонента в виде суммы этих отдельных эффектов:

$$Q_s > \sum_{i=1}^n q_i. \quad (1)$$

Этот эффект способствует переходу системы на новый, более дифференцированный и, возможно, более высокий уровень упорядоченности [1, 12]. В некоторых университетах синергетика составляет теоретический курс, изучающий синергетические эффекты в рамках системного анализа, однако можно говорить о формировании теории и даже методологии под таким же названием (однозначного определения термина «синергетика» в научной литературе нет).

*Странный аттрактор* [1, 10]. Есть два непротиворечивых определения этого термина:

а) один из видов аттракторов, возникающих в системах с числом степеней свободы больше единицы и представляющих собой ограниченное притягивающее множество в фазовом пространстве, по которому движутся хаотические траектории изменений системы;

б) аттракторы, имеющие фрактальную структуру.

Странному аттрактору присуще наличие горизонта прогноза – характерного времени, на которое может быть предсказано поведение системы. Особое значение имеет так называемый аттрактор Хенона, модельный вариант которого будет рассмотрен далее.

*Эволюция системы* – изменение количественных свойств системы во времени на детерминистском этапе жизненного цикла, в то время как развитие включает в себя и эволюционные детерминистские этапы, и качественные скачки, происходящие в точках бифуркации [1, 10]. Несомненно, реализация способности информационной системы к эволюции способствует снижению затрат на сопровождение системы, а также увеличению времени ее эксплуатации.

*Эмерджентность* – наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих ее подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связан-

ных особыми системообразующими связями, что означает несводимость свойств системы к сумме свойств ее элементов. Такие особые свойства система может приобрести в начале жизненного цикла и при переходе в состояние бифуркации [1, 6]. Иногда эмерджентность называют свойством целостности системы. Синоним этого термина – системный эффект. Синергия является частным случаем эмерджентности.

Закономерности, присущие эмерджентности:

1) свойства системы (целого)  $Q_s$  зависят от свойств составляющих ее элементов (частей)  $q_i$ :

$$Q_s = F(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n); \quad (2)$$

2) свойства системы (целого)  $Q_s$  не являются простой суммой свойств составляющих ее  $n$  элементов (частей)  $q_i$ :

$$Q_s \neq \sum_{i=1}^n q_i; \quad (3)$$

3) объединенные в систему элементы, как правило, утрачивают часть своих свойств, присущих им вне системы, то есть система как бы подавляет ряд свойств элементов, но, с другой стороны, элементы, попав в систему, могут приобрести новые свойства.

### Аттракторы и точки бифуркации информационной системы

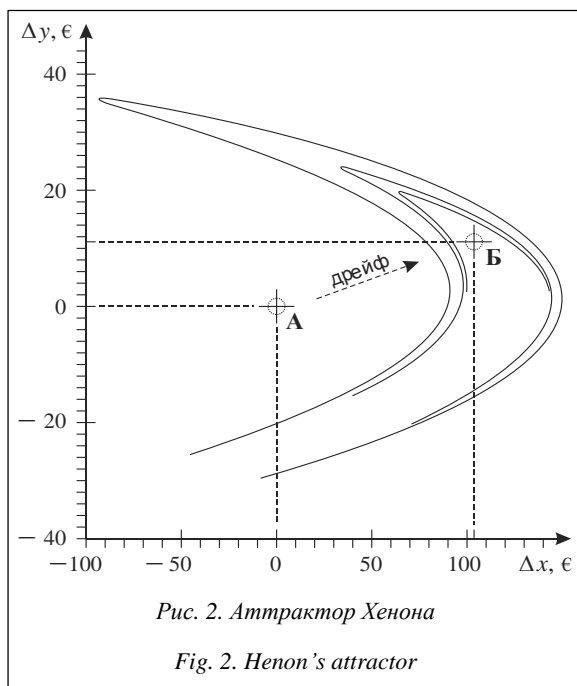
Странный аттрактор представляет собой состояние динамического хаоса – «почти» случайного процесса, который «почти независим» от изменений в исходных данных. Но далее будет показано, что этот фактор типа «почти» не имеет места, то есть «абсолютная неопределенность» в подобном случае статистически невозможна.

Вначале только в качестве примера рассмотрим известный из литературы странный аттрактор Хенона. В данном случае это совокупность условий, при которых пути эволюции поддержки живым ИУС происходят по сходящимся фазовым траекториям и как бы притягиваются к одной точке:

$$\begin{cases} \Delta x_{n+1} = 1 - a \cdot (\Delta x_n)^2 + \Delta y_n, \\ \Delta y_{n+1} = b \cdot \Delta x_n, \\ a = 140, \\ b = 30, \end{cases} \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, подобранные экспериментально.

На фазовых траекториях (рис. 2) присутствуют особые точки, отмеченные пунктирной окружностью с центром в перекрестии. Единица размерности – денежная единица € (евро), которая выбрана для определенности осей. Точка А с координатами (0 €; 0 €) – это определенное в процессе решения оптимизационной задачи рациональное соотношение между  $x$  и  $y$ , в то время как «неподвижная точка» притяжения аттрактора Б с координатами (104 €; 11 €) математически представляет собой та-



кой вид равновесия, который подобен состоянию устойчивых систем после кратковременного возмущения (пример из физики: состояние покоя емкости с водой после встряхивания [10]).

Рассмотрим подробнее аттрактор (4) и введем следующие переменные:

$x$  – интегральные расходы на поддержание в готовности состава и номенклатуры резерва hardware и software, включая контрольно-диагностические средства в ИУС холдинга в процессе сопровождения системы;

$y$  – интегральные затраты на оплату действий рабочей команды, в составе которой совместно функционируют внутренние службы сопровождения, временно нанимаемые внешние специалисты, привлекаемые на договорных условиях для конкретных работ внешние организации.

Естественно предположить, что при управлении ИУС в отличие от простейших производственных систем в силу «высокой интеллигентности» ИУС можно четко проследить аттракторные условия: принимая решение на этапе  $n$  в процессе сопровождения  $i$ -й версии ИУС, нельзя, к примеру, увеличить  $x$  на произвольное приращение  $\Delta x_n$  и при этом произвольно изменить величину  $y$  на величину  $\Delta y_n$  или оставить ее неизменной. По сути аттрактор отражается в документах двух типов: в журналах пусконаладочных работ и в сметах, а рисунок 2 показывает конкретную динамику сопровождения системы, выявленную по этим документам. В каждом подобном случае аттрактор отражает системное свойство эмерджентности ИУС [5] – экспериментально выявленную закономерность, справедливую на данном этапе жизненного цикла конкретной ИУС конкретного холдинга. Естественно, аттрактор (4) может быть и иным, более

или менее понятным по сравнению с приведенным в рассмотренном примере.

**Гипотеза.** Если с позиции теории возможностей можно определить, что фазовая траектория эволюционирующей ИУС притянется странным аттрактором, то можно утверждать, что информационная система, возможно, попадет и в точку бифуркации (то есть это гипотеза о необходимом, но недостаточном условии). Справедливость этой гипотезы впервые показана в [5] по критерию Поппера.

На первый взгляд, такой вывод вполне допустим, но, тем не менее, данная статистическая гипотеза нуждается в проверке, поскольку аттрактор может быть четко воспроизведен математически, в то время как определение точки бифуркации не всегда делается математически строго, а иногда – и без математического обоснования – экспертными методами, на качественном уровне. Проверку сформулированной гипотезы выполним с помощью модели, которая показывает поведение эволюционирующей информационной системы, а результаты моделирования проверим в процессе статистических испытаний.

В качестве прототипа рассмотрим эволюционный процесс в такой системе с учетом появления дефектов, их диагностику и устранение. Фазовые траектории, подобные показанным на рисунке 2, – это хронология «подстройки» факторов – переменных  $x_{n+1}$  и  $y_{n+1}$  в процессе экстремального эксперимента после этапа  $n$ , причем

$$\begin{cases} x_{n+1} = F_x(t) \\ y_{n+1} = F_y(t) \end{cases} \quad \text{– функции дискретного времени}$$

событий, где момент времени очередной подстройки  $n+1$  в общем случае случайный.

Анализ ИУС как динамической системы при постановке задачи выполняем с применением одного из вариантов метода вложенных цепей Маркова [11]. Сущность метода состоит в том, что можно исследовать одноканальную систему массового обслуживания с произвольным входящим потоком в моменты времени, когда требования покидают систему. Такие моменты называются точками регенерации, если информация о поведении процесса до этого момента времени не влияет на прогноз дальнейшего поведения процесса: это «марковское» свойство. Эффект метода заключается в том, что задача построения модели сводится к задаче для марковской цепи с дискретным временем, несмотря на то, что сам процесс массового обслуживания может и не быть марковским.

В случае произвольного входящего потока и произвольного времени обслуживания единственно возможными точками регенерации являются два типа моментов времени:

а) моменты, в которые одновременно поступает новое требование и обслуженное требование уходит из системы, что случается крайне редко;

б) моменты времени, в которые поступающее требование находит систему свободной, что является реальным случайным событием (однако в этом случае весьма сложно установить соотношение между точками регенерации).

Здесь можно предположить пуассоновский характер входящего потока только в некотором смысле: число требований, находящихся в очереди в момент времени, когда обслуженное требование покидает систему, и число требований, поступающих за время следующего периода обслуживания, являются взаимно независимыми. Это можно обеспечить в ходе построения модели массового обслуживания, например, «выбраковывая» неудачные точки регенерации, вероятность которых в действительности может быть пренебрежимо малой. Согласно этим предпосылкам, в [11] показано, что этот метод вполне приемлем для представления модели появления дефектов и их устранения в эволюционирующей ИУС.

### Имитационный эксперимент с групповыми потоками дефектов

Рассмотрим поведение очереди дефектов, образующихся по групповому принципу в процессе эволюции информационной системы, на случайных отрезках времени, называемых периодами занятости. Если в системе ненулевая очередь с точки зрения устранения дефектов, значит, имеет место период занятости. Если ожидание скачком уменьшается до очень малой задержки, значит, очередной период занятости закончился и может возникнуть следующий. Процесс смены периодов занятости показан на рисунке 3, полученном экспериментально.

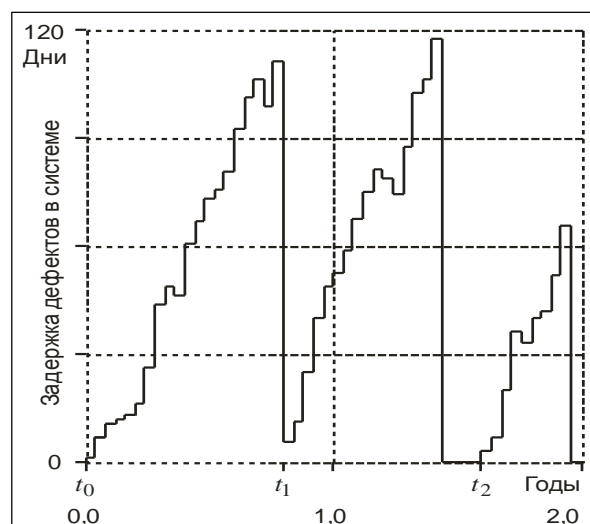


Рис. 3. Процесс смены периодов занятости системы групповыми дефектами

Fig. 3. The process of changing periods in a system occupied by grouped defects

Рассмотрим один из самых тяжелых с позиций теории массового обслуживания поток дефектов в смысле задержек в очереди с гиперэкспоненциальным распределением интервала появления очередного дефекта, то есть это явно не поток Пуассона. Соответствующий закон распределения моделируется специальной функцией  $\text{hyperexp}(\mu_{\text{деф}}, \kappa)$ , созданной для исследования рискованных ситуаций [13] в системе Actor Pilgrim. Особенности такого распределения:  $\mu_{\text{деф}}$  – матожидание интервала проявления дефекта, распределенного по гиперэкспоненциальному закону;  $\kappa$  – вероятность «удачи» в распределении Я. Бернулли;  $1/\kappa$  – средний размер группы дефектов;  $\mu/\kappa$  – матожидание интервала появления группы, причем этот интервал распределен по экспоненциальному закону.

Выбираем логнормальный закон распределения времени диагностики и устранения дефектов, так как использование нормального закона в данном случае приводит с появлению большой методической ошибки, проявление которой доказывается в [13] с помощью теории полезности Неймана–Моргенштерна с учетом того, что в реальности стационарный режим жизненного цикла всей ИУС возможен только теоретически.

Используем функцию  $\text{lognorm}(\mu_{\text{уст}}, \sigma)$ , также созданную специально для исследования рискованных ситуаций, где  $\mu_{\text{уст}}$  – матожидание интервала времени диагностики и устранения дефекта;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение этого интервала.

В эксперименте используем типовую имитационную модель системы массового обслуживания. Приведем ее текст, где можно увидеть корректное использование функций  $\text{hyperexp}$  и  $\text{lognorm}$  в терминах системы имитационного моделирования Actor Pilgrim [13]:

```
#include <Pilgrim.h>
double Tinp = 36.50; // Средний интервал между
// последовательными появлениями дефектов
double Kgrp = 0.10; // Вероятность "удачи" в схеме не-
// зависмых испытаний Я. Бернулли
double Tser = 30.42; // Средний интервал диагностики
// и устранения дефектов
double Sigm = 30.42; // Среднеквадратичное отклоне-
// ние интервала анализа дефектов Tser
long Wgn = 1; // Численность рабочей группы
forward // Начало моделирования
{
    modbeg ("Поиск дефектов", 4, 365.0 * 3,
    (long)time(NULL), none, 2, none, none, 2);
    actor ("Групповой поток", 1, none, none, hyper-
    exp(Tinp, Kgrp), zero, zero, 2);
    network(dummy, standard)
    {
        top(2): queue ("Очередь заявок", none, 3);
        place;
        top(3): serve ("Рабочая группа", Wgn, none, none,
        lognorm(Tser, Sigm), zero, zero, 4);
        place;
        top(4): term ("Вывод дефектов");
        place;
    }
}
```

```

    fault (123);
  }
  modend ("Результаты.doc", 1, 24, page);
  return 1;
}

```

Эксперименты с этой моделью позволяют наблюдать периоды занятости, аналогичные показанным на рисунке 3, и пояснить, почему моменты поступления и выхода групп можно считать точками регенерации, а иногда и бифуркации.

### Модельный эксперимент поиска «неподвижной точки» аттрактора ИУС

Рассмотрим оптимизационную задачу применительно к ИУС: минимизация суммарных издержек  $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$  на сопровождение ИУС, где  $\gamma_1$  – расходы и затраты за конкретный период времени  $\Delta t$ , зависящие от  $\Delta x$  и  $\Delta y$ ;  $\gamma_2$  – потери от снижения эффективности ИУС, то есть упущенная выгода. Особенности этих издержек: если  $\gamma_1 = c \cdot \Delta x + d \cdot \Delta y + e$  определяется линейно, причем  $c$  и  $d$  – коэффициенты пропорциональности,  $e$  – смещение (их определение не представляет математической сложности), то для получения  $\gamma_2$  необходимы поверхность отклика и значение коэффициента готовности  $k_{\text{гот}}$ , получаемые в процессе имитационного эксперимента.

Существование оптимума вытекает из логики следующих выводов.

Во-первых, если не расходовать средства на поддержку актуального резерва hardware и software, постепенно эффективность ИУС станет очень низкой; но, с другой стороны, если на эти цели тратить деньги бездумно и неограниченно, то будет прямой ущерб и оптимум, скорее всего, есть.

Во-вторых, отсутствие финансирования рабочей группы приведет к неработоспособности ИУС, и ее эффективность будет стремиться к нулю; но, с другой стороны, неразумные расходы на обеспечение рабочей группы – это тоже прямой ущерб.

Соответствующие зависимости показаны на рисунке 4.

Типовая структура имитационной модели, предназначенной для оптимизации суммарных расходов, затрат и ресурсосбережения в сложных системах [14], показана на рисунке 5. В ней использованы структурные правила и обозначения Actor Pilgrim. В модели выделены две части: схема зарядки, подготавливающая модель в смысле начального оснащения ресурсами необходимых типов, и схема динамического эксперимента, где собирается статистика, необходимая для оптимизации ресурсов: динамических резервов (в узле 1 queue) и состава рабочей группы ИУС (в узле 4 serve).

Обычно в задачах поиска минимума суммарных потерь и затрат используется один из методов:

а) направленного перебора с использованием матрицы кортежей [14], если ресурсы представ-

лены «жесткими» наборами из дискретных компонентов;

б) Гаусса–Зейделя, когда есть возможность применения дифференциального числения.

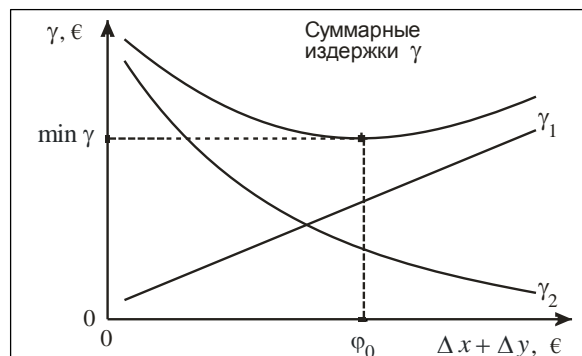


Рис. 4. Зависимость издержек от динамики затрат на их снижение

Fig. 4. The dependence of costs from their decrease dynamics

Допустим, если мы получили значения минимума, используя матрицу кортежей, то это предполагало «свободные перемещения» по элементам матрицы в процессе поиска оптимума (для метода Гаусса–Зейделя подобная «свобода» также была бы необходимой). Однако следует отметить, что аттракторные условия (4) ограничивают передвижения при поиске минимума. Не вдаваясь в подробности решения и детали состава ресурсов, будем полагать, что, несмотря на аттракторные ограничения, с помощью направленного перебора как-то получены оптимальные значения:  $k_{\text{гот}}=0,994$ ,  $\gamma_1=240$  €,  $\gamma_2=49$  €,  $\gamma=289$  €. Это минимальное значение находится в начале координат на рисунке 2 (точка А).

Далее включаем аттракторные условия и наблюдаем, как долго фазовые траектории системы будут находиться вблизи этой точки. В конечном

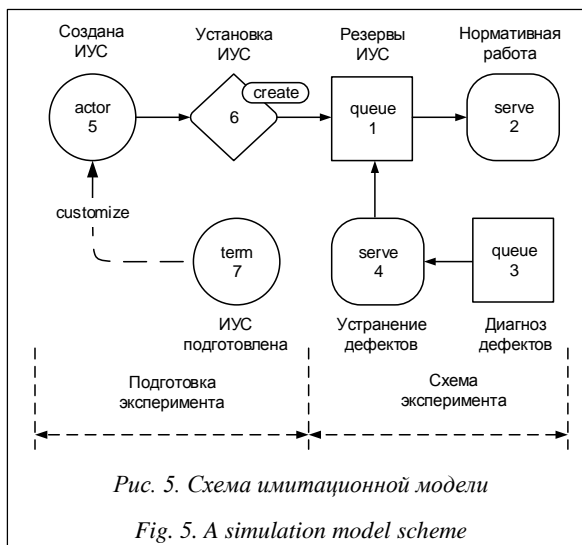


Рис. 5. Схема имитационной модели

Fig. 5. A simulation model scheme



итоге траектории начнут «стягиваться» из оптимальной, но неустойчивой точки **A** к точке **B**, которая и является точкой притяжения аттрактора, причем смещение будет существенным:  $\Delta x=104$  € и  $\Delta y=11$  €. При тех данных, которые авторы заложили в свою учебную модель, это происходит не позднее чем через 2 года. Понятно, что значения  $k_{\text{гос}}$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  для точки **B** будут хуже приведенных выше.

Рассмотрим особенности аттракторных условий в имитационной модели. При получении фазовых траекторий на рисунке 2 предполагалось, что константы  $a$  и  $b$  известны «точно», что в реальной ИУС маловероятно (это возможно только в технической физической или химико-технологической производственной системе, где все коэффициенты известны с высокой лабораторной точностью и о погрешностях говорить не приходится). Полагаем для определенности, что величины  $a$  и  $b$  нам известны с 25-процентным уровнем значимости. Для чистоты эксперимента оставим значения  $a$  и  $b$  в смысле их математических ожиданий теми же, что и в [11]:  $\mu_a=1,400$ ,  $\mu_b=0,300$ ,  $\sigma_a=0,350$ ,  $\sigma_b=0,075$ . И, поскольку процесс получил новые стохастические составляющие, далее используем выражение (4) в измененном виде:

$$\begin{cases} \Delta x_{n+1} = 1 - \lognorm(\mu_a, \sigma_a) \cdot (\Delta x_n)^2 + \Delta y_n, \\ \Delta y_{n+1} = \lognorm(\mu_b, \sigma_b) \cdot \Delta x_n. \end{cases} \quad (5)$$

После этого получение гладких фазовых траекторий, подобных рисунку 2, при использовании условий (5) станет невозможным, а фазовая плоскость заполнится фрактальными точками, густота которых (или фрактальная размерность) будет максимальной вблизи неподвижной точки **B**, местоположение которой также определяется с 25-процентным уровнем значимости.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

- процесс моделирования поддержки работоспособности ИУС начался с использования оптимальных значений требуемых ресурсов (точка **A**);
- в процессе эволюции параметры системы ушли достаточно далеко от оптимума, и фазовая траектория «притянута» к стабильной, но неоптимальной точке **B**;
- необходимые признаки достижения точки бифуркации выполняются, и тем самым подтверждена справедливость вышеуказанной гипотезы;
- приведение системы хотя бы в более рациональное состояние без прерывания жизненного цикла требует принятия решений о реинжиниринге [3], одним из которых является выпуск следующей версии ИУС с лучшими характеристиками, что соответствует проявлению синергии [5].

Обычно в структуре любой современной ИУС условно выделяют два уровня:

- нижний – оперативную (транзакционную) OLTP-систему, которая поддерживает текущую де-

ятельность: планирование, учет, анализ текущей деятельности;

- верхний – аналитическую OLAP-систему, которая накапливает данные (плановые, фактические, прогнозные) о деятельности предприятия и внешней среде.

В идеальном варианте ИУС холдинга должна иметь уровни OLTP, OLAP и как минимум отмеченные на рисунке 1 функции управления.

Понятие «рабочая группа» весьма условное. Из СМИ известно, что для любой из ведущих нефтяных компаний России ИУС (или корпоративная информационная система) – это сложная система, связывающая в режиме реального времени тысячи пользователей, объектов обслуживания, регионов, производственных объектов, объектов услуг и их уровней. Поэтому холдинги имеют собственные мощные IT-подразделения (по сути специализированные IT-компании).

Например, в [4] есть информация о том, что в группе ЛУКОЙЛ существует головная организация по информационно-технологическому обеспечению группы – ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ, имеющая 12 филиалов в регионах деятельности предприятий группы на всей территории РФ. ЛУКОЙЛ-ИНФОРМ отвечает за оптимизацию бизнес-процессов на каждом участке деятельности холдинга, за внедрение, сопровождение и развитие интегрированных информационных систем для решения бизнес-задач, за обеспечение бесперебойной работы приложений, телекоммуникационного и технологического оборудования, а также за предоставление консалтингового и технологического сервисов.

При наличии в холдингах научно-исследовательских IT-подразделений одними из их новых важнейших функций могут стать собственные системно-аналитические исследования и постановки задач для университетов.

#### Литература

1. Анфилов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2009. 368 с.
2. Kheirandish M., Kheirandish F., Farkhondeh K., Ebrahimi F., Besharatifard A. An analysis on the evolution of management information systems (MIS) and their new approaches. Interdisciplinary Journ. of Contemporary Research in Business, 2013, vol. 4, no. 12, pp. 491–495.
3. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения. М.: Вильямс, 2002. 624 с.
4. Шерешева М.Ю. Корпоративная информационная система уровня холдинга // Connect! Мир связи. 2008. № 3. С. 28–33.
5. Булыгина О.В., Емельянов А.А. Синергия и эволюция информационных систем в управлении холдингом // Прикладная информатика. 2016. Т. 11. № 2 (62). С. 9–22.
6. Benbya H., McKelvey B. Toward a complexity theory of information systems development. Information Technology & People, 2006, vol. 19, no. 1, pp. 12–34.
7. Двоеглазов Д.М. Живучесть и устойчивость предприятий сложной структуры в условиях воздействия внешних рисков, алгоритмы управления и модели адаптации рисков // Наукоедение. 2015. Т. 7. № 1; URL: [www.naukovedenie.ru/PDF/72TVN115.pdf](http://www.naukovedenie.ru/PDF/72TVN115.pdf) (дата обращения: 20.03.2016).

8. Tona O., Carlsson S. Information system evaluation through an emergence lens. *Electronic Journ. Information Systems Evaluation*, 2013, vol. 16, no. 1, pp. 38–47; URL: [www.ejise.com/volume16/issue1/ejise-volume16-issue1-article861.pdf](http://www.ejise.com/volume16/issue1/ejise-volume16-issue1-article861.pdf) (дата обращения: 20.03.2016).
9. Емельянов А.А., Останина Ю.А. Планирование автономного производства в холдинге с применением методов адаптивного управления // *Прикладная информатика*. 2008. Т. 3. № 1 (13). С. 125–159.
10. Никитенков Н.Н., Никитенкова Н.А. Синергетика для инженеров. Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2009. 168 с.
11. Емельянов А.А., Шильникова О.В., Емельянова Н.З.

Моделирование процесса поддержки работоспособности развивающейся АСУ // *Прикладная информатика*. 2015. Т. 10. № 5 (59). С. 93–108.

12. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: справочник; [под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова]. М.: Финансы и статистика, 2012. 848 с.
13. Емельянов А.А., Емельянова Н.З. Имитационное моделирование и компьютерный анализ экономических процессов. Смоленск: Универсум, 2013. 266 с.
14. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В., Емельянова Н.З. Компьютерная имитация экономических процессов. М.: Маркет ДС, 2010. 464 с.

DOI: 10.15827/0236-235X.114.062-069

Received 24.03.16

# SYSTEM ANALYSIS AND DECISION-MAKING ON REENGINEERING OF CORPORATE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS

*Shilnikova O.V., Postgraduate Student, Senior Lecturer, tmo@sbmpei.ru*

*(Smolensk Branch of the Moscow Power Engineering Institute, Energeticheskiy proezd 1, Smolensk, 214013, Russian Federation)*

**Abstract.** Qualitative and quantitative analysis of functional parameters, performance properties and survivability in a distributed multi-level information management system is performed using computer modeling tools including simulation. The models take into account heterogeneity and variability of structures, network bandwidth and distributed database features. In recent years investigation of the evolving information system properties in corporation management has become topical. This article considers the evolution of information management systems (IMS).

Modeling of support IMS performance process is carried out with using an optimal composition of the resources required at the first stage. The model takes into account the fact that system parameters gradually drift far enough away from the optimum and the phase trajectory is “attracted” to the stable but non-optimal point in the evolution. As a result, we can see that necessary features to achieve the bifurcation point are performed. The article proves the validity of the hypothesis about the need to release a new version of MIS. Bringing the system to even more efficient state without interrupting the life cycle requires some special solutions. One of them is a release of the next IMS version.

Scientific research and consulting units in corporations can carry out systematic analytical study of IMS on their own, or set targets for outside organizations (universities or research institutes).

**Keywords:** information management system, life cycle, synergy, corporation, evolution, emergence, embedded Markov chain, simulation model, bifurcation point, attractor, strange attractor.

## References

1. Anfilatov V.S., Emelyanov A.A., Kukushkin A.A. *Sistemny analiz v upravlenii* [System Analysis in Management]. A.A. Emelyanov (Ed.). Moscow, Finansy i statistika Publ., 2009, 368 p.
2. Kheirandish M., Kheirandish F., Farkhondeh K., Ebrahimi F., Besharatifard A. An analysis on the evolution of management information systems (MIS) and their new approaches. *Interdisciplinary Journ. of Contemporary Research in Business*. 2013, vol. 4, no. 12, pp. 491–495.
3. Sommerville I. *Software engineering*. Addison-Wesley Publ., 1982 (Russ.ed.: Moscow, Vilyams Publ., 2002, 624 p.).
4. Sheresheva M.Yu. Corporate information system at holding's level. *Connect! Mir svyazi* [Connect! Communication World]. 2008, no. 3, pp. 28–33 (in Russ.).
5. Bulygina O.V., Emelyanov A.A. Synergy and evolution of information systems in holding's management. *Prikladnaya informatika* [Journ. of Applied Informatics]. 2016, vol. 11, no. 2 (62), pp. 9–22 (in Russ.).
6. Benbya H., McKelvey B. Toward a complexity theory of information systems development. *Information Technology & People*. 2006, vol. 19, no. 1, pp. 12–34.
7. Dvoeglazov D.M. The persistence and stability of the complex structure enterprises in the external risks conditions, risk management algorithms and adaptation models. *Naukovedenie*. 2015, vol. 7, no. 1. Available at: [www.naukovedenie.ru/PDF/72TVN115.pdf](http://www.naukovedenie.ru/PDF/72TVN115.pdf). (accessed March 20, 2016).
8. Tona O., Carlsson S. Information System Evaluation through an Emergence Lens. *Information Systems Evaluation*. 2013, vol. 16, no. 1, pp. 38–47. Available at: [www.ejise.com/volume16/issue1/ejise-volume16-issue1-article861.pdf](http://www.ejise.com/volume16/issue1/ejise-volume16-issue1-article861.pdf) (accessed March 20, 2016).
9. Emelyanov A.A., Ostanina Yu.A. Autonomous production planning in the holding company with the adaptive management techniques. *Prikladnaya informatika* [Journ. of Applied Informatics]. 2008, vol. 3, no. 1 (13), pp. 125–159 (in Russ.).
10. Nikitenkov N.N., Nikitenkova N.A. *Sinergetika dlya inzhenerov* [Synergetics for Engineers]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2009, 168 p.
11. Emelyanov A.A., Shilnikova O.V., Emelyanova N.Z. Modeling support for a developing information management system working ability. *Prikladnaya informatika* [Journ. of Applied Informatics]. 2015, vol. 10, no. 5 (59), pp. 93–108 (in Russ.).
12. *Teoriya sistem i sistemny analiz v upravlenii organizatsiyami* [The Theory of Systems and the System Analysis in Organization Management]. Handbook. V.N. Volkov, A.A. Emelyanov (Eds.). Moscow, Finansy i statistika Publ., 2012, 848 p. (in Russ.).
13. Emelyanov A.A., Emelyanova N.Z. *Imitatsionnoe modelirovanie i kompyuterny analiz ekonomicheskikh protsessov* [Simulation and Computer Analysis of Economic Processes]. Smolensk, Universum Publ., 2013, 266 p.
14. Emelyanov A.A., Vlasova E.A., Duma R.V., Emelyanova N.Z. *Kompyuternaya imitatsiya ekonomicheskikh protsessov* [Computer simulation of economic processes]. A.A. Emelyanov (Ed.). Moscow, Market DS Publ., 2010, 464 p.