

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

С.В. Назаров, Московский научно-исследовательский телевизионный институт, главный научный сотрудник, профессор, д.т.н.; nazarov@mniti.ru

Аннотация. В современных условиях успешность предприятия во многом определяется организацией управления. Эффективность управления зависит от того, насколько обоснованно и правильно выбраны и как используются информационно-коммуникационные технологии, реализуемые в автоматизированных системах планирования и управления ресурсами, запасами и кадрами предприятия. Информационная система (ИС) предприятия, обеспечивающая получение своевременной и достоверной информации, содержит ряд подсистем, необходимых для принятия управленческих решений. Создание ИС требует высокой квалификации участвующих в ней специалистов. Часто разработка таких систем выполняется на интуитивном уровне с применением неформализованных методов, основанных на искусстве, практическом опыте, экспертных оценках и дорогостоящих экспериментальных проверках качества функционирования системы. Одной из важнейших задач создания и сопровождения ИС является распределение вычислительной мощности ИС между ее подсистемами. В данной статье предлагается формализованный подход к решению задачи распределения вычислительных ресурсов ИС между ее подсистемами, основанный на теории стратегических игр. Приводится пример распределения ресурсов ИС между подсистемами системы, даются предложения по совершенствованию системы распределения ресурсов.

Ключевые слова: информационная система, вычислительные ресурсы, виртуализация, распределение ресурсов, теория стратегических игр.

Введение. Функционирование предприятий промышленного, научного, торгового и других назначений в настоящее время невозможно без технологий информационной поддержки производственных, финансовых, маркетинговых и других процессов. Эффективная информационная система (ИС) значительно упрощает процесс управления, поскольку позволяет оперативно собрать, отсортировать, обработать необходимую информацию и помочь принять правильное решение управленцам (менеджерам) предприятия различного уровня. Цель ИС – не просто увеличение эффективности обработки данных и помощь управленцу, а создание и поддержание высокоэффективного производства на основе принятых решений.

Информационная система управления предприятием должна автоматизировать все или, по крайней мере, большинство из видов деятельности предприятия [1–4]. При этом автоматизация должна быть выполнена не ради автоматизации, а с учетом затрат на нее должна давать реальный эффект в результатах финансово-хозяйственной деятельности предприятия. В идеале автоматизированная информационная система предприятия представляется автоматизированной системой управления (АСУ). В классическом определении АСУ (которое давал еще академик В.М. Глушков) – это «совокупность экономико-математических методов, технических средств и организационных комплексов, обеспечивающих рациональное управление предприятием или технологическим процессом» [5].

В хозяйственной практике научно-исследовательских и производственных предприятий, выполняющих разработку, производство и реализацию продукции, можно выделить основные типовые

виды деятельности: производственная, маркетинговая, финансовая, кадровая.

Производственная деятельность связана с непосредственным выпуском продукции, управлением запасами и направлена на создание и внедрение в производство технических разработок и научно-технических новшеств.

Маркетинговая деятельность включает анализ рынка производителей и потребителей выпускаемой продукции, анализ продаж, организацию рекламной кампании по продвижению продукции и организацию материально-технического снабжения.

Финансовая деятельность связана с организацией контроля и анализа финансовых ресурсов фирмы на основе бухгалтерской, статистической и оперативной информации.

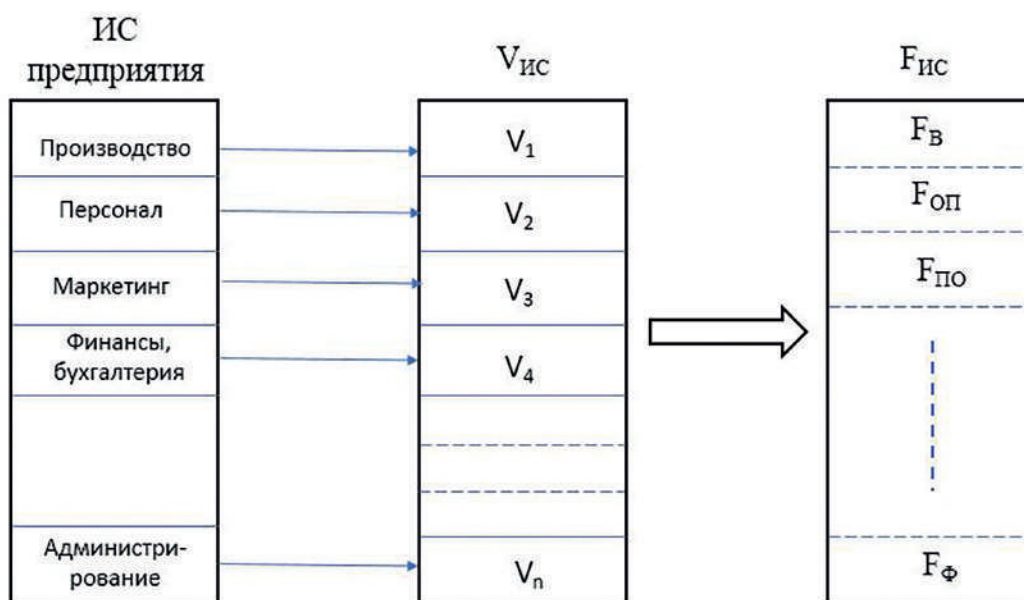
Кадровая деятельность направлена на подбор и расстановку необходимых фирме специалистов, а также ведение служебной документации по различным аспектам их работы.

Перечисленные направления деятельности предприятия позволяют определить типовой набор информационных подсистем:

- производственная подсистема;
- подсистема маркетинга;
- финансовая и учетная подсистема;
- подсистема кадров.

В зависимости от масштаба предприятия каждая подсистема может иметь расширенный набор функций и представляться отдельной системой. Возможны и другие типы систем, выполняющие вспомогательные функции в зависимости от специфики деятельности фирмы. Кроме того, в ИС предприятия обязательно присутствует система администрирования, задачей которой является рациональная организация вычислительного процесса в интересах качественного выполнения задач всех подсистем ИС.

Типовая структурная схема ИС. Не углубляясь в дальнейшее рассмотрение особенностей построения современных ИС предприятия, в интересах рассмотрения и решения задачи данной статьи будем далее считать, что рассматриваемая ИС состоит из перечисленных выше четырех подсистем и подсистемы администрирования, которые показаны в левой части рисунка.



Структура информационной системы предприятия

Внедрение ИС управления предприятием обычно производится силами специально сформированной рабочей группы или группы внедрения. На нее ложится значительная часть работы по внедрению системы и дальнейшему ее сопровождению. Такой подход объясняется тем, что, во-первых, предприятие заинтересовано в том, чтобы у него были специалисты, которые могут оперативно решать большинство рабочих вопросов при настройке и эксплуатации системы, а во-вторых, обучение своих сотрудников и их использование всегда существенно дешевле аутсорсинга.

Особенно важным является выбор руководителя такой группы и администратора системы. Руководитель, помимо знаний компьютерных технологий, должен обладать глубокими знаниями в области ведения бизнеса и управления. Специалистов рабочей группы необходимо назначать с учетом знания современных компьютерных технологий и желания осваивать их в дальнейшем. Очень ответственно следует подходить к выбору и назначению администратора системы, так как ему будет доступна практически вся корпоративная информация.

Одной из важнейших задач, возлагаемых на группу внедрения ИС предприятия и администратора системы, является распределение имеющихся в системе вычислительных, информационных и программных ресурсов между подсистемами ИС. В данной статье рассмотрен возможный подход к решению такой задачи.

Постановка задачи. Вычислительные системы (или просто вычислители) ИС предприятия (например, клиент-серверной архитектуры) представляют собой некоторое множество физических (аппаратных, программных, файловых и др.) ресурсов. Обозначим их следующим образом:

$$F_{ис} = \{F_v, F_{оп}, F_{взу}, F_{по}, F_{ф}\},$$

где F_v – физические вычислительные ресурсы (процессоры); $F_{оп}$ – физические ресурсы оперативной памяти; $F_{взу}$ – физические ресурсы внешних запоминающих устройств; $F_{по}$ – физические ресурсы общего и специального программного обеспечения; $F_{ф}$ – физические ресурсы файловой системы.

Встает вопрос правильного (эффективного) распределения физических ресурсов системы между подсистемами ИС. Наиболее подходящим способом осуществления такого распределения следует считать механизм виртуализации [6–8]. На основе этого механизма, по сути, строится отображение физических ресурсов системы в некоторое множество виртуальных машин вида

$$F_{ис} \rightarrow V_{ис},$$

где $V_{ис} = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ – множество из n виртуальных машин с некоторой выделенной долей физических ресурсов.

Такой подход позволяет разделить физические ресурсы между подсистемами ИС. В нашем дальнейшем примере определены производственная, маркетинговая, финансово-учетная и кадровая подсистемы, а также подсистема администрирования. Таким образом, следует создать пять виртуальных машин и распределить между ними физические ресурсы системы. Техническое решение задачи выделения физических ресурсов созданной виртуальной машине решается администратором системы с помощью специальных известных средств администрирования. Однако нетривиальной является задача определения доли физического ресурса, которую следует выделить каждой виртуальной машине.

Для удобства дальнейшего изложения решения этой задачи примем производительность вычислителя системы (например, сервера) за единицу. Тогда справедливо соотношение

$$\sum_{i=1}^{i=5} C_i \leq 1,$$

где C_i – доля производительности вычислителя, выделенная виртуальной машине V_i , $0 \leq C_i \leq 1$.

Заметим, что интенсивность работы подсистем ИС и поступление запросов пользователей этих подсистем в общем случае слабо предсказуемы.

Обозначим множество параметров запросов подсистем ИС, поступающих на сервер в виде

$$P_i = \{p_j, j = 1, 2, \dots, N_i\},$$

где p_j – значение некоторого параметра, а N_i – количество различных параметров. Такими параметрами могут быть, например, интенсивности запросов пользователей подсистемы на выполнение некоторой функциональной задачи, поиск, запись или редактирование необходимого документа и др.

Таким образом, формальная постановка задачи может быть сформулирована следующим образом: требуется найти такое отображение физических ресурсов системы в множество виртуальных машин (см. центральную и правую часть рисунка), при котором обеспечивается полное выполнение функций подсистем с заданными значениями параметров рабочей нагрузки в условиях суммарной производительности виртуальной системы по ограничению.

С учетом введенных обозначений кратко постановка задачи представляется в виде: найти такое отображение

$$F_{ис} \rightarrow \{V_1, V_2, \dots, V_n\},$$

которое при следующих ограничениях

$$P_i = \{p_j, j=1, 2, \dots, N_i\};$$

$$0 \leq C_i \leq 1, i=1, 2, \dots, n;$$

$$\sum_{i=1}^{i=5} C_i \leq 1$$

обеспечивает полное выполнение функций всех подсистем ИС.

В этих условиях полной неопределенности можно попробовать решить задачу на основе теории стратегических игр.

Решение задачи. В соответствии с теорией стратегических игр в данной игре два партнера – администратор системы и природа (сеть клиентов подсистем ИС). Природой в теории игр принято именовать полностью непредсказуемого партнера [9, 10]. Под администратором системы будем понимать одно лицо, а что касается природы, то ею является ИС в целом. Однако потребности в вычислительных ресурсах каждой подсистемы могут иметь конфликт с такими же потребностями других подсистем, да и стратегии разных подсистем могут существенно отличаться. Поэтому целесообразна декомпозиция игровой задачи на несколько задач (игр) по подсистемам ИС. В каждой отдельной задаче стратегии администратора системы обозначим R_1, R_2, \dots, R_k , где k – количество стратегий администратора, а стратегии природы (клиентов подсистемы ИС) – S_1, S_2, \dots, S_l , где l – количество стратегий природы (т.е. пользователей системы).

В этом случае в каждой частной задаче матрицу выигрышей можно представить в виде, по-

Табл. 1. Структура матрицы игры

	S_1	S_1	...	S_j	...	S_l
R_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1l}
R_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2l}
...
R_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{il}
...
R_k	d_{k1}	d_{k2}	...	d_{kj}	...	d_{kl}

казанном в табл. 1. Здесь d_{ij} – штраф, получаемый системой при имеющейся доли виртуальной машины R_i (выделенной системным администратором) и требуемой доле S_j . Предположим, что с использованием тех или иных методов (средства операционной системы, программные анализаторы и т.п.) матрица получена. В соответствии с теоремой стратегических игр для нашего случая, когда значения из множеств $R = \{R_1, R_2, \dots, R_k\}$ и $S = \{S_1, S_2, \dots, S_l\}$ могут принимать конечное число, оптимальное решение заключается в поиске смешанных стратегий.

Из теории стратегических игр следует, что при использовании смешанных стратегий есть, по крайней мере, одно оптимальное решение с ценой игры V , которое находится между верхним и нижним значением игры [9, 10]. Следует заметить, что всегда $V > 0$.

Допустим, что оптимальная стратегия администратора системы складывается из стратегий R_1, R_2, \dots, R_k с вероятностями, равными p_1, p_2, \dots, p_k ($p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$), а оптимальная стратегия клиентов подсистем ИС – из стратегий S_1, S_2, \dots, S_l , которые применяются с вероятностями, равными q_1, q_2, \dots, q_l ($q_1 + q_2 + \dots + q_l = 1$). Если администратор применяет оптимальную стратегию, а клиенты подсистемы – чистую стратегию S_j ($j = 1, 2, \dots, l$), то средний штраф, получаемый системой, составит

$$D_j = p_1 d_{1j} + p_2 d_{2j} + \dots + p_k d_{kj} \quad (j = 1, 2, \dots, l).$$

Особенность оптимальной стратегии администратора состоит в том, чтобы при произвольном поведении противника (клиентов подсистемы) она обеспечивала штраф не больший, чем цена игры V . Отсюда имеем следующую систему ограничений:

$$\left. \begin{aligned} p_1 d_{11} + p_2 d_{21} + \dots + p_k d_{k1} &\leq V, \\ p_1 d_{12} + p_2 d_{22} + \dots + p_k d_{k2} &\leq V, \\ &\dots \\ p_1 d_{1k} + p_2 d_{2k} + \dots + p_k d_{kk} &\leq V. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для удобства дальнейшего решения преобразуем систему ограничений (1), разделив неравенства по частям на V :

$$\left. \begin{aligned} d_{11} x_1 + d_{21} x_2 + \dots + d_{k1} x_k &\leq 1, \\ d_{12} x_1 + d_{22} x_2 + \dots + d_{k2} x_k &\leq 1, \\ &\dots \\ d_{1k} x_1 + d_{2k} x_2 + \dots + d_{kk} x_k &\leq 1, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $x_1 = p_1 / V$, $x_2 = p_2 / V$, ..., $x_k = p_k / V$.

Из условия $p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$ следует, что

$$x_1 + x_2 + \dots + x_k = 1/V. \quad (3)$$

Значения величин p_1, p_2, \dots, p_k должны быть такими, чтобы гарантированное значение штрафа системы было минимальным, т.е. чтобы достиглось

$$V = \min \text{ или } \frac{1}{V} = \max.$$

Таким образом, решение задачи заключается в определении таких значений множества переменных x_1, x_2, \dots, x_k , которые обеспечивают максимальное значение их суммы:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_k = \max. \quad (4)$$

Кроме того, должны выполняться дополнительные граничные условия $p_i \geq 0$ ($i = 1, 2, \dots, n$). Следовательно, имеем

$$x_i = p_i / V \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (5)$$

В итоге можно резюмировать, что нахождение оптимальной смешанной стратегии сводится к решению классической задачи линейного программирования с целевой функцией (4) и ограничениями (2) и (5). В результате решения этой задачи по определенным значениям x_1, x_2, \dots, x_k из уравнения (3) можно определить значение V , а затем из соотношения (5) – значения p_1, p_2, \dots, p_k , которые определяют оптимальную стратегию администратора.

Пример. Поскольку в постановке задачи отмечено, что каждая подсистема ИС может рассматриваться как независимая подсистема, которая выполняется в отдельной виртуальной машине, то задачей администратора является определение оптимальной стратегии на выделение ресурсов для каждой подсистемы. В качестве примера определения такой стратегии рассмотрим производственную подсистему с ее параметрами запросов $P_{\text{пр}} = \{p_j, j = 1, 2, \dots, N_{\text{пр}}\}$, где $N_{\text{пр}}$ – количество различных запросов подсистем, которые должны выполняться сервером вычислительной системы предприятия. Построим матрицу игры [11]. Обозначим стратегии администратора системы R_1, R_2, \dots, R_5 . Администратор (исходя из своего опыта) предполагает, что для производственной подсистемы достаточно выделение производительности виртуальной машины от 0,05 до 0,13 от полной вычислительной мощности сервера (см. табл. 2).

Табл. 2. Матрица игры

		Стратегия подсистемы				
		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Стратегия администратора		0,08	0,03	0,06	0,045	0,025
R_1	0,05	0,15	0,1	0,05	0,02	0,1
R_2	0,07	0,05	0,16	0,04	0,1	0,18
R_3	0,09	0,04	0,24	0,12	0,18	0,354
R_4	0,11	0,12	0,32	0,2	0,26	0,354
R_5	0,13	0,2	0,4	0,28	0,34	0,42

Стратегии подсистемы, обозначенные как S_1, S_2, \dots, S_5 , предусматривают требуемую производительность, обеспечивающую работу производственной подсистемы в следующих режимах:

1. Расчет и планирование загрузки технологического и другого оборудования. Выполнение этих задач требует производительности $S_1 = 0,08$ от полной вычислительной мощности сервера.
2. Контроль за ходом производства и координация работы подразделений предприятия. Эти задачи требуют производительности $S_2 = 0,03$ от полной вычислительной мощности сервера.
3. Ежедневный оперативный учет хода производства. Требуется производительности $S_3 = 0,06$ от полной вычислительной мощности сервера.
4. Оформление технической и другой документации. Эти работы связаны с затратами производительности в $S_4 = 0,045$ от полной вычислительной мощности сервера.
5. Планирование закупок материалов для производства продукции. Выполнение соответствующих задач требует $S_5 = 0,025$ от полной вычислительной мощности сервера.

Пусть за дефицит производительности администратор получает штраф 5 условных единиц ($K_d = 5$, величина штрафа не имеет принципиального значения при решении задачи), а за избыточную производительность, выделенную подсистеме, штраф составляет $K_n = 4$. Например, для совокупности стратегий $\{R_3, S_2\}$ подсистеме необходимо 0,03 производительности полной виртуальной машины, а администратором выделено 0,09 виртуальной машины. В этом случае имеет место избыточная производительность, штраф за которую составляет $4(|0,09 - 0,03|) = 0,24$ штрафных единиц. Для совокупности стратегий $\{R_4, S_5\}$ подсистеме необходимо 0,025 производительности полной виртуальной машины, а администратором выделено 0,11 виртуальной машины. В этом варианте дефицит производительности и штраф составит $4(|0,11 - 0,025|) = 0,354$ штрафных единицы.

Решение задачи для составленной матрицы игры, выполненное в электронных таблицах, представлено в табл. 3. Цена игры в данном случае равна 0,12 штрафной единицы, целевая функция имеет значение 8,18. Решение определяет использование стратегий R_1 и R_2 с вероятностями, равными соответственно 0,72 и 0,28. Это позволяет считать целесообразным выбор производительности виртуальной машины для реализации производственной подсистемы из соотношения

$$C_{\text{ип}} = R_1 p_1 + R_2 p_2 = 0,05 \cdot 0,72 + 0,07 \cdot 0,28 = 0,06.$$

Аналогичным образом определяется необходимая производительность виртуальной машины для других подсистем ИС, после чего проверяется выполнение выражения $\sum_{i=1}^{i=5} C_i \leq 1$, где C_i – доля

Табл. 3. Матрица игры

Стратегии подсистем		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	Переменные		Вероятности		Ограничения		
		0,08	0,03	0,06	0,045	0,03	X		P		№		
Стратегия администратора	R_1	0,05	0,15	0,1	0,05	0,02	0,1	x_1	5,91	p_1	0,72	1	1
	R_2	0,07	0,05	0,16	0,04	0,1	0,18	x_2	2,27	p_2	0,28	2	0,95
	R_3	0,09	0,04	0,24	0,12	0,18	0,35	x_3	0	p_3	0	3	0,39
	R_4	0,11	0,12	0,32	0,2	0,26	0,35	x_4	0	p_4	0	4	0,35
	R_5	0,13	0,2	0,4	0,28	0,34	0,42	x_5	0	p_5	0	5	1

Табл. 4. Решение задачи

Стратегии подсистем		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	Переменные		Вероятности		Ограничения		
		0,08	0,03	0,06	0,045	0,03	X		P		№		
Стратегия администратора	R_1	0,05	0,3	0,1	0,1	0,02	0,1	x_1	1,82	p_1	0,29	1	1
	R_2	0,07	0,1	0,16	0,04	0,1	0,18	x_2	4,55	p_2	0,71	2	0,91
	R_3	0,09	0,04	0,24	0,12	0,18	0,35	x_3	0	p_3	0	3	0,36
	R_4	0,11	0,12	0,32	0,2	0,26	0,35	x_4	0	p_4	0	4	0,49
	R_5	0,13	0,2	0,4	0,28	0,34	0,42	x_5	0	p_5	0	5	1

производительности вычислителя, выделенная виртуальной машине V_i , $0 \leq C_i \leq 1$.

Если оно выполняется, то распределение реальных ресурсов вычислительной системы считается законченным. В противном случае (если ресурсов недостаточно) можно увеличить штраф за предоставление избыточных ресурсов для подсистем, некритичных для выполнения задач, требующих режима реального времени.

Исследование устойчивости решения. Интересно определить, насколько изменится решение задачи, если изменить величину штрафа за избыточную производительность или дефицит производительности. Интуитивно понятно, что дефицит производительности должен привести к тому, что решением будет выделение большей производительности виртуальной машине. В свою очередь увеличение штрафа за лишнюю производительность должно привести к уменьшению производительности, выделяемой виртуальной машине. Проверим это на примере, приведенном выше.

За дефицит производительности увеличим штраф до 10 условных единиц ($K_d = 10$), а за избыточную производительность, выделенную подсистеме, штраф оставим прежним, т.е. $K_n = 4$.

Решение задачи для скорректированной матрицы игры представлено в табл. 4. Цена игры в этом случае равна 0,16 штрафной единицы, а целевая функция – 6,36. Решение определяет использование стратегий R_1 и R_2 с вероятностями, равными соответственно 0,29 и 0,71. Это позволяет считать целесообразным выбор производительности виртуальной машины для реализации производственной подсистемы из соотношения

$$C_{np} = R_1 p_1 + R_2 p_2 = 0,05 \cdot 0,29 + 0,07 \cdot 0,71 = 0,06.$$

Табл. 5. Решение задачи

Стратегии подсистем		S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	Переменные		Вероятности		Ограничения		
		0,08	0,03	0,06	0,045	0,03	X		P		№		
Стратегия администратора	R_1	0,05	0,3	0,25	0,1	0,05	0,25	x_1	3,33	p_1	1,0	1	1
	R_2	0,07	0,1	0,4	0,1	0,25	0,45	x_2	0	p_2	0	2	0,83
	R_3	0,09	0,1	0,6	0,3	0,45	0,89	x_3	0	p_3	0	3	0,33
	R_4	0,11	0,3	0,5	0,2	0,65	0,89	x_4	0	p_4	0	4	0,17
	R_5	0,13	0,5	1,0	0,7	0,85	1,05	x_5	0	p_5	0	5	0,83

Попробуем теперь изменить штраф за избыточную производительность. Установим значения $K_d = 10$ и $K_n = 10$. Решение задачи для скорректированной матрицы игры представлено в табл. 5. Цена игры в этом случае равна 0,3 штрафной единицы, целевая функция – 3,33. Решение определяет использование одной стратегии R_1 с вероятностью, равной единице. Таким образом, $C_{\text{пр}} = R_1 p_1 = 0,05 \cdot 1,0 = 0,05$.

Таким образом, проведенный эксперимент говорит о том, что значения коэффициентов, определяющих штраф за избыточную или недостаточную производительность виртуальной машины, не влияет на результат решения. Это подтверждает устойчивость решения задачи предложенным методом теории игр.

Заключение. Предложенный подход и метод решения задачи распределения вычислительных ресурсов в информационных системах предприятия может быть эффективно использован на начальном этапе работы ИС предприятия. По мере вхождения ИС в режим нормальной эксплуатации может возникнуть необходимость перераспределения ресурсов ИС между подсистемами. Учет текущей загрузки вычислительных ресурсов подсистемами ИС может проводиться средствами операционной системы или специальными системами мониторинга [12]. Однако перераспределение ресурсов системы между подсистемами ИС потребует выполнения нетривиальных действий со стороны системного администратора и не всегда приведет к требуемому результату.

Реальные возможности решения задачи адаптивного распределения вычислительных ресурсов ИС предоставляют системы искусственного интеллекта с задачей поддержки принятия решений (ППР). По мнению многих специалистов, теория игр хорошо подходит для систем ППР, созданных для принятия стратегических решений [13]. По тематике данной задачи возможно два варианта использования обучаемых нейронных сетей. Первый вариант – построение нейронной сети для решения задач, рассматриваемых в теории игр, в том числе игровых задач, где один из партнеров – природа. Второй вариант связан с созданием обучаемой нейронной сети, включаемой в состав операционной системы компьютера для распознавания ситуации с текущей загрузкой системы, что позволит решить задачу адаптивного распределения вычислительных ресурсов системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шакурин, В.** Подходы и процедуры выбора Корпоративных Информационных Систем / В. Шакурин. – <https://vc.ru/u/313313-victor-shakhurin>.
2. **Капулин, Д.В.** Информационная структура предприятия: учебное пособие / Д.В. Капулин, А.С. Кузнецов, Е.Е. Носкова. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. – 185 с.
3. Современные информационные технологии бизнеса: этапы развития, инструменты и безопасность. – <https://www.kom-dir.ru/article/2291-informatsionnye-tehnologii-biznesa>.
4. **Юрченко, Т.В.** Информационные системы в экономике и управлении: учебное пособие / Т.В. Юрченко. – <https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/automatichesk/850497.pdf>.
5. **Глушков, В.М.** Введение в АСУ / В.М. Глушков. – Киев: Техника, 1972. – 312 с.
6. Анализ современных технологий виртуализации. – <https://habr.com/ru/company/southbridge/blog/212985/>.
7. Виртуализация: новый подход к построению ИТ-инфраструктуры – <https://www.ixbt.com/cm/virtualization.shtml>.
8. Сравниваем лучшее программное обеспечение для виртуализации в 2020 году: Hyper-V, KVM, vSphere и XenServer. – <https://habr.com/ru/company/otus/blog/510682/>.
9. **Ланге, О.** Оптимальные решения / О. Ланге. – М.: Прогресс, 1967. – 285 с.
10. **Варфоломеев, В.И.** Принятие управленческих решений: учебное пособие для вузов / В.И. Варфоломеев, С.Н. Воробьев. – М.: Кудлиц-Образ, 2001. – 287 с.
11. **Назаров, С.В.** Управление предоставлением облачных вычислительных ресурсов в виртуальных дата-центрах / С.В. Назаров, А.Г. Барсуков // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2018. – № 4. – С. 108-112.
12. **Козориз, А.** Девять лучших приложений для системного мониторинга компьютера / А. Козориз. – <https://liferhacker.ru/monitoring-sistemy/>.
13. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений – краткий обзор. – <https://habr.com/ru/company/ods/blog/359188/>.