ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ЛВС В КРУПНЫХ МНОГООТРАСЛЕВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Д-р техн. наук В.И. Меденников
(ВИАПИ им. А.А. Никонова, г. Москва, Россия),
канд. техн. наук И.М. Кузнецов, М.В. Макеев
(ГНУ ВИЭСХ, г. Москва, Россия)

В ВИАПИ им. А.А. Никонова была разработана промышленная технология синтеза оптимальных ЛВС для сельскохозяйственных предприятий. Предложенная в рамках технологии модель синтеза отражает наиболее рациональный уровень влияния информационных систем на систему управления, исходя из сложившихся условий в стране.

Ключевые слова: *информационно-управляющие системы; программное обеспечение; управление агропромышленным предприятием.*

В свое время появление сельскохозяйственных машин повлекло за собой изменение как структуры производства, так и структуры системы управления агропромышленными предприятиями. Аналогичные последствия должны были бы произойти с началом массового внедрения персональных компьютеров (ПК), однако этого не произошло.

В информационно-управляющих системах (ИУС) первого поколения практически все программное обеспечение (ПО) создавалось силами самих предприятий. Оно было приспособлено либо к конкретному предприятию, либо к узкому кругу родственных предприятий и требовало значительных трудозатрат на поддержку силами высококлассных программистов. Это, так называемый, позадачный подход.

Последующая эволюция ИУС была связана, прежде всего, с появлением более мощных средств хранения, переработки и передачи информации. Функциональные возможности ИУС при этом также расширялись. Большую роль сыграло совершенствование инструмента, обеспечивающего уменьшение трудозатрат на создание и сопровождение ИУС путем углубления специализации, стандартизации, кооперации и интеграции (как по данным, так и по режимам обработки информации, обеспечивающим однократный ввод и многократное использование информации).

Если ИУС первого поколения были доступны лишь крупным предприятиям, то с удешевлением ВТ потребность в них возникла у большинства организаций. А это уже потребовало разработки программного обеспечения (ПО) в виде программного продукта, когда программа может работать на различных типах ЭВМ и применяться на большой группе предприятий.

То есть в свое время «позадачный» метод разработки и внедрения программного обеспечения был продиктован большой стоимостью и технологическими ограничениями больших компьютеров. Появление большого количества

ПК привело к пониманию необходимости комплексного, системного подхода к проблеме создания и внедрения информационных систем в АПК, необходимости промышленной технологии их автоматизированного проектирования.

Переход к промышленной технологии автоматизированного проектирования (ПТАП), разработки, внедрение и сопровождение информационно-управляющих систем в АПК оказался сложной проблемой, связанной как с необходимостью количественного описания систем управления и их влияния на объект управления, модернизацией технологий выращивания с/х, проведением полевых опытов с/х НИИ на основе информационных технологий, так и с состоянием экономики, образования, культуры в нашем обществе [1].

Кроме того, переход к ПТАП продиктован тем, что все большее количество функций управления поддаются автоматизации, с одной стороны, за счет разработки стандартов на них, обучения менеджеров некоторым стандартным функциям управления, с другой - за счет увеличения технических возможностей аппаратно-программных средств ЭВМ.

В связи с этим, подобно задаче оптимизации средств механизации для средних и крупных сельскохозяйственных предприятий, встала проблема оптимизации и относительно информационных средств при выборе локальной вычислительной системы (ЛВС) как по составу, так и по территориальному расположению.

С этой целью в ВИАПИ им. А.А. Никонова была разработана промышленная технология синтеза оптимальных ЛВС для сельскохозяйственных предприятий. Предложенная в рамках технологии модель синтеза отражает наиболее рациональный уровень влияния информационных систем на систему управления, исходя из сложившихся условий в стране. Модель позволяет в пределах выделенных финансовых ресурсов определить наиболее рациональную структуру информационной системы, распределяет средства вычислительной техники, и решаемые задачи по узлам управления, определяет при необходимости инвестиции в телекоммуникационные средства с оптимизацией информационных потоков и логических структур распределенных баз данных. По мере развития теории управления, теории систем на основе дальнейших исследований в области информационных систем модель может дополняться соответствующими блоками.

Благодаря применению технологии синтеза оптимальных информационных систем для сельскохозяйственных предприятий будут повышены качество и надежность, а также снижена стоимость внедрения их.

Реальные расчеты показали, что экономия средств на информатизацию среднего по размерам хозяйства составляет около 40%.

Синтез структур ЛВС АПК РФ

Под структурой ЛВС АПК в рамках ПТАП будем понимать организационную совокупность ее взаимосвязанных элементов, определяющих их место как в чисто физическом, так и технологическом смысле (уровень и конкретное

место размещения элемента в пространстве и технологической схеме принятия решений и обработки информации).

В общем случае под элементом структуры ЛВС АПК понимается некоторый физический элемент (узел, техническое устройство или средство, исполнитель или коллектив исполнителей и т.п.), реализующий вполне определенным образом некоторую функцию системы (задачу, группу взаимосвязанных функций или задач).

Таким образом, понятие структуры ЛВС АПК предполагает частичную упорядоченность ее элементов относительно друг друга как в смысле их размещения по физическим узлам и уровням, так и в смысле решаемых ими функциональных задач процесса управления. Под синтезом структуры ЛВС АПК понимается процесс построения взаимосвязей элементов структуры ЛВС АПК и самих элементов в соответствии с заданными критериями эффективности ЛВС АПК в целом.

Постановка и решение общей задачи синтеза структуры ЛВС АПК из-за особенностей агропромышленного производства, приведенных выше, представляют значительные трудности, поэтому формулируются и решаются частные задачи, позволяющие оценить правильность принимаемых решений о структуре создаваемой ЛВС АПК.

Как правило, частные задачи отражают конкретные аспекты процесса синтеза структуры ЛВС АПК, а результаты их решения позволяют специалистам по синтезу структур наметить наиболее перспективные пути решения общей задачи и выделить область наиболее целесообразных вариантов построения всей ЛВС АПК.

Разработана модель интеграции оптимальных ЛВС, состоящая из двух блоков:

- блок размещения запросов пользователей (задач) по узлам управления и техническим средствам;
- блок расчета потребностей в средствах вычислительной техники и распределения их по узлам управления и закрепления за пользователями;
- блок расчета инвестиций в средства связи;
- блок расчета распределения информации по узлам управления и техническим средствам;
- блок формирования логических структур распределенных баз данных (РБД).

Модель позволяет создать довольно гибкую архитектуру ЛВС, отражающей различный уровень информатизации организации.

Описание структуры системы управления

Рассматривается система, состоящая из множества узлов управления j (например, животноводческих ферм, растениеводческих отделений, механических мастерских и т.д.), множества задач K, кластеров данных L, типов связи R.

Считаем, что информация делится на два типа: первичную, то есть возникающую в узлах управления, иначе в пунктах возникновения информации; вторичную, возникающую после решения некоторой задачи. С другой стороны, разбиение на кластеры осуществляется процедурой разбиения данных на предметные базы данных.

Процесс управления предполагается периодически с периодом Т, и все операции расчетов, передачи данных и т.д. усреднены по времени.

Будем считать, что любая задача может решаться в любом узле, в том числе разбиваться по этим узлам. Например, начисление заработной платы может решаться в каждом узле на своем объеме информации.

Для решения задач используются технические средства нескольких типов (множество 1).

Математическая модель синтеза структур ЛВС АПК РФ

Введем обозначения:

K - номер задачи (запрос на информацию, на корректировку БД);

l - номер группового информационного элемента;

$l \in L^1$ - первичная информация;

$l \in L^2$ - вторичная;

K^1 - множество задач, использующих лишь первичную информацию;

K^2 - множество задач, использующих хотя бы один групповой информационный элемент;

j - номер узла управления, $j \in J$;

i - номер технического средства, $i \in I$;

L_k - множество групп l, используемых в заданных k;

$$\varphi_{pk} = \begin{cases} 1, & если \quad p-й\ пользователь\ использует \quad k-ю\ задачу \\ 0, & иначе \end{cases};$$

$$\omega_{pj} = \begin{cases} 1, & если \quad p-й\ пользователь\ прикреплен\ к\ j-му\ узлу \\ 0, & иначе \end{cases};$$

g_l - вектор длины групп;

f_l - вектор количества экземпляров в группах;

$T = \left\| \tau_{pl} \right\|$, где τ_{pl} - максимально достижимое время получения информации l-й группы по запросу p-го пользователя;

$$A = \left\| a_{ij} \right\| =$$

$$= \begin{cases} a_{ij} = 1, & если\ существует\ семантическая\ связь\ между\ i-й\ и\ j-й\ группами \\ 0, & иначе \end{cases};$$

f^{e}_{klj} - средние характеристики (объем информации, временные, пропускные способности и т.д.) на информацию l-й группы, необходимой для задачи k, возникающий в узле $j, e \in E$;

$p^{e}_{k\,\ln}$ - средние характеристики на информацию l-й группы, необходимой для задачи k, после решения задачи n;

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если } k-\text{я задача решается в} \\ & \text{узле } j-\text{м на } i-\text{м типе оборудования;} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$x_{lt} = \begin{cases} 1, & \text{если } l-\text{я информационная группа входит в} \\ & t-\text{й тип записи;} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$y_{klj} = \begin{cases} 1, & \text{если } t-\text{й тип записи размещается на } i-\text{м} \\ & \text{типе оборудования } j-\text{го узла;} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$a_{klj} = \begin{cases} 1, & \text{если } l-\text{я группа возникает в узле } j \\ & \text{для } k-\text{й задачи;} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$y_{l i_1 i_2 j_1 j_2 r} = \begin{cases} 1, \text{если информация из } l\text{-й группы передается} \\ \text{из } i_1\text{-го типа оборудования } j_1\text{-го узла в } i_2\text{-й} \\ \text{тип оборудования } j_2\text{-й узел посредством} \\ \text{связи } r \\ 0, \text{иначе} \end{cases};$$

$$b_{k\,\ln} = \begin{cases} 1, & \text{если } l-\text{я группа используется в } k-\text{й} \\ & \text{задаче после решения задачи } n; \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

z_{ij} - количество оборудования i-го типа в j-м узле;

d_{mijk} - необходимые ресурсы m-го типа для решения k-й задачи на i-м типе оборудования в j-м узле;

M_{mi} - m-е ресурсы i-го типа оборудования;

$$s_{i_1 i_2 j_1 j_2 r} = \begin{cases} 1, & \text{если } r\text{-й тип связи используется для передачи информации из } i_1\text{-го типа оборудованаия } j_1\text{-го узла в } i_2\text{-й тип оборудования } j_2\text{-го узла;} \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases}$$

G_r^e - характеристики средств связи;

c_{ij}^1 - стоимость i-го оборудования в j-м узле;

$c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^2$ - стоимость r-го средства связи при передаче информации из (i_1, j_1) в (i_2, j_2);

$c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^3$ - затраты на передачу единицы информации из (i_1, j_1) в (i_2, j_2);

c_{ijk}^4 - стоимость m-го ресурса для решения k-й задачи на i-м типе оборудования в j-м узле;

c_k^5 - обобщенная стоимость k-й задачи;

c^0 - средства, выделенные на внедрение ИУС;

$$v_k = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i,j} x_{ijk} \ge 1, \quad U_{kn} = \max_{l \in L_k} b_{k\,\mathrm{ln}} \\ 0, & \text{иначе;} \end{cases}.$$

Ограничения на размещение задач по узлам и техническим средствам:

$$\sum_{i,j} x_{ijk} \ge 1, \qquad k \in K^3 \in K, \tag{1}$$

либо $\sum_{i,j,p} x_{ijk}\, y_{pk}\, \omega_{pj} \ge 1$, т.е. k-я задача должна быть решена хотя бы в одном узле;

$$\sum_{i} x_{ijk} \ge 1, \qquad j \in J_1 \quad k \in K^4 \in K, \tag{2}$$

либо $\sum_{i,p} x_{ijk}\, y_{pk}\, \omega_{pj} \ge 1$, т.е. некоторые задачи из множества k должны быть обязательно решены в узлах $j \in J_1$, например в центральной бухгалтерии предприятия, в том числе вторичные задачи.

$$\sum_{i} x_{ijn} \ge U_{kn} V_k, \qquad k, n \in K, \qquad i \in I, \qquad j \in J, \tag{3}$$

т.е. должны быть решены все задачи n, информация которых используется для решения задачи k.

Условия передачи информации из узла j_2 в узел j_1:

$$\sum_z y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} = \sum_n \sum_k b_k l_n x_{i_1 j_1 n} x_{i_2 j_2 k}, \qquad l \in L^2;$$
$$\sum_{r, i_2} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2} = \sum_k a_{kl\, j_2} x_{i_1 j_1 k} \qquad l \in L^1. \tag{4}$$

Информация передается из узла j_2 в узел j_1, когда она либо возникает в узле j_2 и используется в узле j_1 для задачи k, либо когда вторичная информация задана n, решаемой в узле j_2, необходима для задачи k, решаемой в узле j_1:

$$\sum_r y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} \le 1, \tag{5}$$

информация передается одним средством связи:

$$\sum_{i_2, j_2, r} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} = \sum_{t,k} \omega_{kl}\, x_{lt}\, y_{t i_1 j_1}, \tag{6}$$

условие, что все группы в узле j_1 на i_1-м типе оборудования формируются в записи t.

Ограничение на число групп в составе логической записи

$$\sum_t x_{lt} \le N_t, \qquad t \in [1, t_0]. \tag{7}$$

Ограничения на длину формируемой логической записи

$$\sum_l x_{lt}\, y_{tij}\, y_l \le x_{tij}. \tag{8}$$

Ограничение на однократность включения групп в логические записи:

$$\sum_t x_{lt} = 1, \forall \in L\,. \tag{9}$$

Ограничение на число типов записей, размещаемых в БД j-го узла на i-м типе оборудования:

$$\sum_t y_{tij} \le h_{ij}\,. \tag{10}$$

Ограничение на загрузку оборудования:

$$\sum d_{mijk} x_{ijk} \le M_{m_i}\,. \tag{11}$$

Ограничения на канал связи:

$$\sum_{l,k} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r}\, f^e_{kl\, j_2} + \sum_{l,k,n} p^e_{k \ln} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} \le G^e_r s_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}\,. \tag{12}$$

Финансовые ограничения:

$$\sum_{i,j,k} c_{ij}^{1} x_{ijk} + \sum c_{i_1 j_1 i_2 j_2 z}^{2} s_{i_1 j_1 i_2 j_2 r} + \sum c_{k}^{5} x_{ijk} \le c^{0}. \tag{13}$$

Критерий эффективности:

$$\begin{gathered}\sum c_{ij}^{1} x_{ijk} + \sum c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^{2} S_{i_1 j_1 i_2 j_2 r} + \sum c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^{3} f_{k l j_2}^{e} y_{l i_1 j_1 i_2 r} + \\ + \sum c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^{3} p_{k \ln}^{t} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} + \sum c_{mijk}^{4} d_{mijk} x_{ijk} + \\ + \sum c_{k}^{5} x_{ijk} \to \min.\end{gathered} \tag{14}$$

Очевидно, что решить данную задачу в общем виде - сложная проблема. Для ее решения существует разные подходы. Исходя из конкретики каждого хозяйства, на основе требований и пожеланий руководства, финансовых возможностей, сложившихся структур управления, ее консерватизма, можно попытаться свести задачу к многоэтапной итеративной процедуре.

Для этого введем предположение, что информация для задач из множества K^2 всегда имеется, например, задача из множества K^1 решается либо вручную, либо на ЭВМ, и информация эта возникает в месте ее решения. Тогда система уравнений примет следующий вид:

Уравнения (1), (2) остаются без изменений, в уравнении (3) нет необходимости.

Уравнение (4) принимает вид:

$$\sum_{r,i_2} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} = \sum_{k} a_{kl j_2} x_{i_1 j_1 k}. \tag{15}$$

Уравнения (5)-(11) остаются без изменений. Уравнение (12) принимает вид:

$$\sum_{l,k} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} f_{kl j_2}^{e} \le G_{r}^{e} s_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}. \tag{16}$$

Уравнение (13) остается без изменений. Критерий эффективности приобретает вид

$$\begin{gathered}\sum c_{ij}^{1} x_{ijk} + \sum c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^{2} s_{i_1 j_1 i_2 j_2 r} + \sum c_{i_1 j_1 i_2 j_2 r}^{3} f_{kl j_2}^{e} y_{l i_1 j_1 i_2 j_2 r} + \\ + \sum c_{mijk}^{4} d_{mijk} x_{ijk} + \sum c_{k}^{5} x_{ijk} \to \min.\end{gathered} \tag{17}$$

Данная система уравнений все еще имеет нелинейный вид. Для приведения ее к линейному виду произведем замену переменных:

$$z_{ltij} = x_{lt} y_{tij} \tag{18}$$

с исключением из системы уравнения (10).

После решения данной системы уравнений получим, в частности, конкретные значения x_{lt}^0, y_{tij}^0 . Если при этом выполняется условие (10), то есть

$$\sum_t y_{tij}^0 \le h_{ij}, \tag{19}$$

то на этом процедура расчета по модели завершается. Если же условие (10) не выполняется при некоторых $(i, j) \in (I^0, J^0)$, тогда для данных $(i, j) \in (I^0, J^0)$ либо подбирается такая СУБД, которая удовлетворяет условию (19), либо, если такую замену совершить невозможно, вместо выражения (10) в систему включается следующее

$$\sum_t z_{ltij} \le h_{ij}, \forall l \in L. \tag{20}$$

Очевидно, что при x_{lt} = 1, выражение (20) совпадает с (10), при x_{lt} = 0 условие (10) выполняется автоматически.

Представленная в работе модель, по нашему мнению, отражает наиболее рациональный уровень влияния ЛВС на систему управления, исходя из сложившихся условий в стране. Модель позволяет в пределах выделенных финансовых ресурсов определить наиболее рациональную структуру ЛВС, распределяет средства ВТ, и решаемые задачи по узлам управления, определяет при необходимости инвестиции в телекоммуникационные средства с оптимизацией информационных потоков и логических структур распределенных баз данных. По мере развития теории управления, теории систем на основе дальнейших исследований в области ЛВС модель может дополняться соответствующими блоками.

Реальные расчеты показали, что экономия средств на информатизацию среднего по размерам хозяйства составляет около 40%.

Литература

1. Меденников В.И., Сальников С.Г., Сергованцев В.Т. и др. Отчет о НИР «Разработать проект отраслевой программы развития информатизации сельского хозяйства». М.: ВИАПИ РАСХН, 2004.