

МЕТОДИКА АДАПТАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПОД РАБОЧУЮ НАГРУЗКУ НА УЗЛАХ ЛВС

О.М. Демиденко

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины

TECHNIQUES OF ADAPTING A CALCULATING PROCESS TO OPERATING LOAD IN NODES OF A LOCAL AREA NETWORK

O.M. Demidenko

F. Scorina Gomel State University

Предлагается пошаговая последовательность действий при проведении имитационных экспериментов, которая позволяет отказаться от выполнения натуральных экспериментов.

Ключевые слова: имитационный эксперимент, натуральный эксперимент, локальная вычислительная сеть.

A step-by-step succession of activities implemented in the course of simulation experiments which allows to give up performing natural experiments is suggested.

Keywords: simulation experiment, natural experiment, local area network.

При адаптации вычислительного процесса под рабочую нагрузку на узлах локальной вычислительной сети возможны два варианта исследований: управляемый натуральный эксперимент и имитационный эксперимент. Имитационный эксперимент – это многошаговая процедура, которая на начальных этапах проводится на основе результатов управляемого натурального эксперимента, а затем, при исчерпании возможностей варьирования имеющимся составом ресурсов реальной локальной вычислительной сети, продолжается с помощью серии имитационных экспериментов.

В статье предлагается определенная последовательность выполнения действий при проведении имитационных экспериментов.

Шаг 1. Поиск рабочей области параметров узла ЛВС и рабочей нагрузки. Данный шаг не является обязательным. Значения интенсивностей поступления запросов могут быть получены системой мониторинга из реальной рабочей нагрузки. На этом шаге решается задача поиска диапазонов изменения интенсивностей поступления транзитных, фоновых и диалоговых запросов $(\lambda_{\Phi}^-, \lambda_{\Phi}^0, \lambda_{\Phi}^+)$; $(\lambda_{\Gamma}^-, \lambda_{\Gamma}^0, \lambda_{\Gamma}^+)$; $(\lambda_{\Delta}^-, \lambda_{\Delta}^0, \lambda_{\Delta}^+)$, в пределах изменения которых имеет место линейный характер функции зависимости отклика (Y_j) от вектора параметров λ_i :

$$Y_j = \varphi_j(\lambda_{\Phi}, \lambda_{\Gamma}, \lambda_{\Delta}).$$

Если зависимости φ_j близки к линейным, то это позволяет поставить полный факторный эксперимент для вычисления коэффициентов линейной регрессионной зависимости.

Шаг 2. Поиск определяющего фактора внешней среды X_i . На этом шаге оценивается определяющее влияние между парами факторов. В качестве исходной информации используются диапазоны изменения компонент вектора X_i : $[\lambda_{\Phi}^-, \lambda_{\Phi}^+]$, $[\lambda_{\Delta}^-, \lambda_{\Delta}^+]$, $[\lambda_{\Gamma}^-, \lambda_{\Gamma}^+]$. Для этого составляются отношения приращений диапазонов при попарном сравнении параметров друг с другом, которые по своему физическому смыслу соответствуют тангенсам углов линий пересечения плоскостей $(\lambda_{\Phi}, \lambda_{\Delta})$, $(\lambda_{\Gamma}, \lambda_{\Delta})$ и $(\lambda_{\Phi}, \lambda_{\Gamma})$ и координат изменения λ_{Φ} и λ_{Γ} :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\Delta \lambda_{\Phi}}{\Delta \lambda_{\Delta}} = \frac{\lambda_{\Phi}^+ - \lambda_{\Phi}^-}{\lambda_{\Delta}^+ - \lambda_{\Delta}^-};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\Delta \lambda_{\Gamma}}{\Delta \lambda_{\Delta}} = \frac{\lambda_{\Gamma}^+ - \lambda_{\Gamma}^-}{\lambda_{\Delta}^+ - \lambda_{\Delta}^-};$$

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\Delta \lambda_{\Phi}}{\Delta \lambda_{\Gamma}} = \frac{\lambda_{\Phi}^+ - \lambda_{\Phi}^-}{\lambda_{\Gamma}^+ - \lambda_{\Gamma}^-}.$$

В случае равенства $\operatorname{tg} \varphi_1$, $\operatorname{tg} \varphi_2$ и $\operatorname{tg} \varphi_3$ можно говорить о примерно равном влиянии соответственно параметрам факторов $(\lambda_{\Phi}$ и $\lambda_{\Delta})$, $(\lambda_{\Gamma}$ и $\lambda_{\Delta})$ и $(\lambda_{\Phi}$ и $\lambda_{\Gamma})$. Если $\operatorname{tg} \varphi_1 < 1$, то это говорит о преобладающем влиянии фактора λ_{Δ} над λ_{Φ} , которое тем сильнее, чем ближе к нулю величина $\operatorname{tg} \varphi_1$. И, наоборот, чем больше единицы $\operatorname{tg} \varphi_1$, тем сильнее влияние на вектор отклика фактора (λ_{Φ}) над фактором (λ_{Δ}) .

С учетом вышеизложенного, предлагается для каждого k -го варианта организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки вычислять

значения $\text{tg } \varphi_{1k}$, $\text{tg } \varphi_{2k}$ и $\text{tg } \varphi_{3k}$. Одновременно с этим необходимо вычислять для каждого отклика Y_{jk} (под j понимаем соответственно $\eta_{ЦП}$, $\eta_{ВЛ}$, Γ_{Φ} , $\Gamma_{Д}$, $\Gamma_{Т}$ и $\Delta_{нл}$) величину относительного приращения отклика Y_j , при переходе от точки $(\lambda_{\Phi}^-, \lambda_{Д}^-, \lambda_{Т}^-)$, что соответствует (Y_j^-) , к точке $(\lambda_{\Phi}^+, \lambda_{Д}^+, \lambda_{Т}^+)$, что соответствует (Y_j^+) .

Расчеты необходимо вести по следующим формулам:

$$\delta_1 = \frac{2(\eta_{ЦП}^+ - \eta_{ЦП}^-)}{\eta_{ЦП}^+ + \eta_{ЦП}^-}; \quad \delta_2 = \frac{2(\Gamma_{\Phi}^+ - \Gamma_{\Phi}^-)}{\Gamma_{\Phi}^+ + \Gamma_{\Phi}^-};$$

$$\delta_3 = \frac{2(\Gamma_{Т}^+ - \Gamma_{Т}^-)}{\Gamma_{Т}^+ + \Gamma_{Т}^-}; \quad \delta_4 = \frac{2(\Gamma_{Д}^+ - \Gamma_{Д}^-)}{\Gamma_{Д}^+ + \Gamma_{Д}^-};$$

$$\delta_5 = \frac{2(\eta_{ВЛ}^+ - \eta_{ВЛ}^-)}{\eta_{ВЛ}^+ + \eta_{ВЛ}^-}.$$

Потом составляется таблица, в которой для k -го варианта вычислительного процесса (в k -й строке) указывается следующая информация: номер варианта k , $\text{tg } \varphi_{1k}$, $\text{tg } \varphi_{2k}$, $\text{tg } \varphi_{3k}$, $\eta_{ЦПk}^0$, δ_{1k} , $\eta_{ВЛk}^0$, δ_{5k} , $\Gamma_{\Phi k}^0$, δ_{2k} , $\Gamma_{Тk}^0$, δ_{3k} , $\Gamma_{Дk}^0$, δ_{4k} . Здесь под $\eta_{ЦПk}^0 - \Gamma_{Дk}^0$ понимается значение соответствующего отклика в серединной точке диапазона рабочей области исследований. Ранжируя X_{ik} по $\text{tg } \varphi_{ik}$ по приращению откликов Y_{ik} по δ_{1k} , δ_{2k} , δ_{3k} и δ_{4k} судят о том, какой из факторов X_i является определяющим.

Шаг 3. Оценка степени загрузки процессора обслуживанием запросов пользователей при обращении к информационной базе данных узла локальной вычислительной сети. Для этой цели необходимо суммировать η_{mj} модулей, обслуживающих запросы информационной базы данных.

Можно выделить четыре таких модуля:

МОБ – обработка процессором информации, содержащейся в информационной базе данных ($\eta_{МОБ}$);

МКО – корректировка процессором информации в информационной базе данных ($\eta_{МКО}$);

МУД – удаление информации из информационной базы данных ($\eta_{МУД}$);

МОТ – формирование отчета процессора об обработке информации из информационной базы данных ($\eta_{МОТ}$).

Вычислив суммарную загрузку этих модулей

$$\eta_{ИБД} = \eta_{МОБ} + \eta_{МКО} + \eta_{МУД} + \eta_{МОТ};$$

находим удельный вес этих модулей в общей загрузке процессора:

$$\Theta = \frac{\eta_{ИБД}}{\eta_{ЦП\Sigma}}, \text{ где } \eta_{ЦП\Sigma} = \sum_{j=1}^7 \eta_{mj}.$$

Абсолютное значение $\eta_{ИБД}$ показывает, сколько ресурса времени работы процессора требуется

для обслуживания числа диалоговых ($N_{Д}$) и числа транзитных ($N_{Т}$) запросов пользователей. Затем находим расход ресурса процессора на одного пользователя (диалогового или транзитного) для k -го варианта организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки:

$$\varpi_k = \frac{\Theta_k}{N_{Д} + N_{Т}}.$$

Далее можно говорить о наличии запаса мощности процессора у узла локальной вычислительной сети при k -м варианте организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки. Эта сторона организации вычислительного процесса оценивается возможным количеством дополнительного подключения к узлу пользователей ($\Delta n_{Дk}$), которое вычисляется по формуле

$$\Delta n_{Дk} = \frac{1 - \eta_{ЦП\Sigma}}{\varpi_k}.$$

Рассматривая изменение величин откликов k -го варианта вычислительного процесса и рабочей нагрузки при варьировании вектора интенсивностей $(\lambda_{\Phi}, \lambda_{Т}, \lambda_{Д})$ в диапазоне их изменения от максимального до минимального значения, можно судить об устойчивости организации вычислительного процесса по обслуживанию запросов информационной базы данных и об сбалансированности этой стороны вычислительного процесса в узле локальной вычислительной сети.

Для анализа необходимо исследовать влияние фактора $\lambda_{Д}$, варьируемого в пяти точках – от максимального до минимального значений, при фиксированных значениях остальных факторов в серединной точке $(\lambda_{\Phi}^0, \lambda_{Т}^0)$ интервала их изменения. Зависимости вида $\eta_{ИБД} = \Psi_1(\lambda_{Д})$ и $\Delta n_{Дk} = \Psi_2(\lambda_{Д})$ позволят установить характер изменения коэффициента использования процессора заказами информационной базы данных и запаса мощности узла локальной вычислительной сети при k -м варианте организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки.

Шаг 4. Оценка качества обслуживания узлом локальной вычислительной сети запросов пользователей разных типов осуществляется по статистике среднего времени цикла их обслуживания, которая вычисляется в ходе моделирования k -го варианта организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки:

$\Gamma_{Тk}$ и $\Gamma_{\Phi k}$ – среднее время обслуживания заказа фонового и транзитного пользователей;

$\Gamma_{Дk}$ – среднее время цикла взаимодействия пользователя с узлом локальной вычислительной сети в диалоговом режиме.

Шаг 5. Анализ зависимости компонент вектора откликов от скорости работы процессора узла локальной вычислительной сети.

Зафиксировав значение двух параметров вектора интенсивностей X_i в области рабочей точки $(\lambda_\phi^0, \lambda_T^0)$ значение фактора λ_d варьируем значения в пяти точках от max до min. Для каждого варианта будет изменяться значение скорости работы процессора узла локальной вычислительной сети (ϑ_p) . В ходе исследований определяется вектор откликов Y_j и составляются таблицы для каждого отклика. Мы можем задать значение отклика для соответствующего варианта рабочей нагрузки. Таблицы составляются для следующих откликов: $\eta_{цп}, \eta_{вп}, T_{\phi}, T_T, T_d$. Анализ значений откликов, представленных в таблицах, позволяет установить:

1) характер и диапазоны изменения откликов $\eta_{цп}, \eta_{вп}$ при варьировании ϑ_{pl} в диапазоне от 0,666 до 6,66;

2) характер показателей качества обслуживания пользователей и диапазоны их изменений от (T_T, T_ϕ, T_d) при варьировании ϑ_{pl} в тех же диапазонах их изменения.

Дополнительно в ходе имитационного эксперимента при меняющихся значениях скорости работы процессора (ϑ_{pl}) фиксировалась статистика $\eta_{mj}, l_{очерj}, t_{ожj}$ у каждого из семи ПМ_j ($j = 1-7$). По этой статистике можно дополнительно оценить, как меняется распределение «узких мест» в организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки при изменении скорости работы процессора (ϑ_{pl}) .

Шаг 6. Анализ зависимости компонент вектора откликов от размера информационной базы данных.

Для этого используется дополнительный параметр $V_{ИБdk}$, означающий размер информационной базы данных локальной вычислительной сети у k -го варианта организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки. Устанавливаем 3 уровня значений $V_{ИБdk}$: минимальный ($V_{ИБdk1}$), средний ($V_{ИБdk2}$) и большой ($V_{ИБdk3}$). Необходимо построить зависимость откликов от размера информационной базы данных:

$$Y_{jkl} = \Phi_4(V_{ИБdk_s}); s = 1, 2, 3,$$

при следующих условиях постановки имитационного эксперимента:

– фиксированных значениях интенсивностей запросов транзитных и фоновых пользователей в срединной точке области их изменений $(\lambda_\phi^0, \lambda_T^0)$ для узла локальной вычислительной сети;

– пяти вариациях значения фактора λ_d от максимального до минимального уровня;

– пяти уровнях изменения скорости процессора узла сети в диапазоне от 0,666 до 6,66.

В ходе исследований определяется вектор откликов Y_j и составляются таблицы для каждого

отклика. В таблице задается значение отклика для соответствующего варианта рабочей нагрузки. Таблицы составляются для следующих откликов: $\eta_{цп}, \eta_{вп}, T_{\phi}, T_T, T_d$. Анализ значений откликов, представленных в таблицах, позволяет установить:

– характер и диапазоны изменения откликов $\eta_{цп}, \eta_{вп}$ при варьировании $V_{ИБd}$;

– характер показателей качества обслуживания пользователей (T_ϕ, T_T, T_d) и зависимость диапазона их изменений от варьирования $V_{ИБd}$.

Дополнительно в ходе имитационного эксперимента, также, фиксировались статистики $\eta_{mj}, l_{очерj}, t_{ожj}$ у каждого программного модуля. По этой статистике можно дополнительно оценить, как меняется распределение «узких мест» в организации вычислительного процесса и рабочей нагрузки при изменении объема информационной базы данных ($V_{ИБd}$).

Шаг 7. Сравнение вариантов организации вычислительного процесса в сети при заданной рабочей нагрузке. Согласно работе [1] для выбора оптимального варианта реализации вычислительного процесса при конкретной рабочей нагрузке необходимо провести комплексную оценку откликов системы. Наиболее удобным средством для этого является метод «свертывания» матриц векторов откликов и параметров системы в матрицу скаляров на основе весовых коэффициентов.

Пусть E – некоторая матрица, элементы которой e_{ij} – скаляры состояний системы, которые вычисляются по формуле:

$$e_{ij} = \eta_{CPU}\delta_1 + \eta_{HDD}\delta_2 + \rho_1\delta_3 + \rho_2\delta_4 + \rho_3\delta_5,$$

где $\rho_i = \frac{q_i}{q_{i\max}}$; $q_i = \frac{1}{T_{ji}}$; $0 \leq \rho_i \leq 1$; $i = \overline{1,6}$; $j = \overline{1,15}$.

Для вычисления скаляра предлагается шесть основных стратегий.

1. Равновероятная стратегия, где все составляющие вектора откликов сети имеют одинаковый вес:

$$\delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = 0,2.$$

2. Стратегия с равнозначно усиленным влиянием откликов качества использования оборудования над остальными откликами вычислительного процесса

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,35; \delta_3 = 0,1; \delta_4 = \delta_5 = 0,05.$$

3. Стратегия с сильным влиянием отклика качества обслуживания диалоговых задач (T_d) :

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,1; \delta_3 = 0,4; \delta_4 = \delta_5 = 0,2.$$

4. Стратегия с сильным влиянием отклика загрузки процессора:

$$\delta_1 = 0,6; \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = 0,1.$$

5. Стратегия с усиленным влиянием откликов качества использования процессора при сильном влиянии на вычислительный процесс загрузки жесткого диска:

$$\delta_1 = 0,2; \delta_2 = 0,6; \delta_3 = 0,1; \delta_4 = \delta_5 = 0,05.$$

6. Стратегия с усиленным влиянием загрузки процессора и сильным влиянием качества обслуживания диалоговых задач T_d :

$$\delta_1 = 0,2; \delta_2 = 0,1; \delta_3 = 0,6; \delta_4 = \delta_5 = 0,05.$$

Существует несколько правил выбора оптимальных вариантов после проведения расчетов. Для этого используем следующие критерии:

1. Усредненная характеристика качества вычислительного процесса

$$\max_j \left(e_{ir} = \frac{1}{2} (\max_i e_{ij} + \min_i e_{ij}) \right); \quad i = \overline{1,5}; \quad j = \overline{1,15}.$$

2. Оптимистическая оценка качества вариантов организации вычислительного процесса

$$\max_j (e_{ir} = (\max_i e_{ij})); \quad i = \overline{1,5}; \quad j = \overline{1,15}.$$

3. Пессимистическая оценка качества организации вычислительного процесса

$$\max_j (e_{ir} = (\min_i e_{ij})); \quad i = \overline{1,5}; \quad j = \overline{1,15}.$$

4. Оценка нейтралитета влияния факторов на организацию вычислительного процесса на локальную вычислительную сеть:

$$\max_j e_{ir} = \frac{1}{5} (\sum_i e_{ij}); \quad i = \overline{1,5}; \quad j = \overline{1,15}.$$

5. Критерий «сожалений» Севиджа от возможного наилучшего варианта

$$\min_j (e_{ir} = (\max_j e_{ij} - e_{ij})); \quad i = \overline{1,5}; \quad j = \overline{1,15}.$$

Сравнив результаты, полученные после проведения всех оценок, можно определить наилучший вариант имитационной модели для реальной системы.

Шаг 8. Принятие проектных решений на основе натуральных и имитационных экспериментов.

Для проведения адаптационных работ по реальной системе необходимо использовать вспомогательное специализированное программное обеспечение, которое определяет изменение степени деформации вычислительного процесса в результате изменения характеристик нагрузки либо характеристик аппаратной базы.

В качестве такого программного обеспечения предлагается использовать систему комбинированной имитации, на вход которой подается

рабочая нагрузка в виде таблиц распределений вероятностей переходов, полученных в результате анализа журнала статистики, собранной на данной аппаратной базе, и характеристик системы.

На выходе системы будет сформирован журнал статистики имитационного эксперимента, который можно обрабатывать теми же средствами, что и журнал реальной статистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Demidenko, O.M. Tools and technique of monitoring resource distribution for design simulation of organization of information processing / O.M. Demidenko // Journal of automation, mobile robotics & intelligent systems. – 2009. – Vol. 3, № 4. – С. 118–120.

2. Демиденко, О.М. Сравнительный анализ математических методов повышения надежности информационных и технических систем / О.М. Демиденко, А.И. Кучеров // Проблемы физики, математики и техники. – 2015. – № 1 (22). – С. 92–97.

3. Хобня, А.И. Концептуальная модель механизмов обеспечения качества обслуживания в сетях с коммутацией пакетов / А.И. Хобня, В.Д. Левчук, О.М. Демиденко // Информатика. – 2016. – № 2. – С. 78–87.

4. Расчет надежности и безопасности технологических процессов производства с элементами потенциальной опасности / О.М. Демиденко, В.С. Смородин, Е.И. Сукач, Ю.В. Жердецкий // Математические машины и системы. – 2016. – № 2 (27). – С. 148–155.

5. Автоматизация проектного моделирования систем управления технологическими процессами производства с элементами потенциальной опасности / О.М. Демиденко, В.С. Смородин, Е.И. Сукач, Ю.В. Жердецкий // Проблемы физики, математики и техники. – 2016. – № 2 (27). – С. 68–76.

Поступила в редакцию 02.10.17.