

УДК 51.7

Многокритеріальний аналіз ефективності алгоритмів динамічного управління капіталом

Смирнов А.В., Гурьянова Т.В.

Донецкий национальный технический университет
smirnov_dntu@ukr.net

Abstract

Smirnov A.V., Gurianova T.V. Article "Multiple criteria analyses in money management dynamics algorithms". The comparative analysis in money management dynamics algorithms effectiveness by a simulation method is realized. The ratio of increase in initial money, yield's standard deviation, profitability's Ratio and Sharpe ratio as effectiveness criterions are used. The normal distribution of P&L is supposed. P&L time series nonstationarity is took into account.

Введение

В настоящее время известно большое количество алгоритмов динамического управления капиталом (ДУК). Естественно, что они отличаются друг от друга по сложности своей реализации, экономической и технической эффективности, применимости их для управления конкретной экономической системой, и по другим признакам. Инвестору перед непосредственным применением одного из них для реализации своих целей необходимо изучить возможности каждого. В качестве критериев эффективности алгоритмов ДУК необходимо использовать как экономические, так и технические критерии. Это связано с тем, что управляемая экономическая система становится адаптивной. И ее работа подчиняется не только экономическим законам, а и законам автоматического регулирования и теории адаптивных систем. В данной работе сделана попытка проведения сравнительного анализа эффективности нескольких известных и оригинальных алгоритмов ДУК по ряду критериев. Результаты данной работы могут быть использованы для практической реализации алгоритмов ДУК в современной адаптивной экономической системе, способной минимизировать совокупный инвестиционный риск.

Постановка задачи

Целью исследований в данной работе является сравнительный анализ эффективности известных и оригинальных алгоритмов ДУК по следующим косвенным частным критериям:

- достижение на конец отчетного периода максимальной величины множителя первоначального капитала инвестора (TWR);
- обеспечение за время функционирования экономической системы минимального значения СКО (минимального инвестиционного риска) его

доходности (σ);

– достижение на конец отчетного периода максимального значения коэффициента Шарпа ($K_{Ш}$);

– обеспечение за время функционирования экономической системы максимального значения профит-фактора (PF).

В качестве принятой экономико-математической модели функционирования экономической системы используется модель, выходными характеристиками которой является одномерный временной ряд случайных величин выигрышей и проигрышей ($P \& L$), исследуемых за время анализа $n \leq \tau_{cm}$ (на интервале стационарности).

Имитационная модель

Для решения поставленной задачи использовалось имитационное моделирование. Это вызвано, по крайней мере, тремя причинами: во-первых, непреодолимыми математическими трудностями и невозможностью применения точных аналитических методов анализа; во-вторых, возможностью использования части моделирующего имитационного алгоритма [2]; в-третьих, чистотой эксперимента, т.к. для различных алгоритмов ДУК при имитационном моделировании используются абсолютно идентичные входные воздействия.

На рис. 1 приведена блок-схема имитационного эксперимента.

Входные параметры имитационного моделирования задаются элементами 1 и 2 блок-схемы (рис. 1). Среднее геометрическое экономической системы G в зависимости от времени анализа $n \leq \tau_{cm}$ должно удовлетворять неравенству [2]. В случае, если входные параметры $AHPR_n$ и SD_n^2 удовлетворяют неравенству, то элемент 5 генерирует массив случайных чисел $\{HPR_i\}$ с заданным законом

распределения этих случайных величин $W(x)$. Нами был использован нормальный закон.

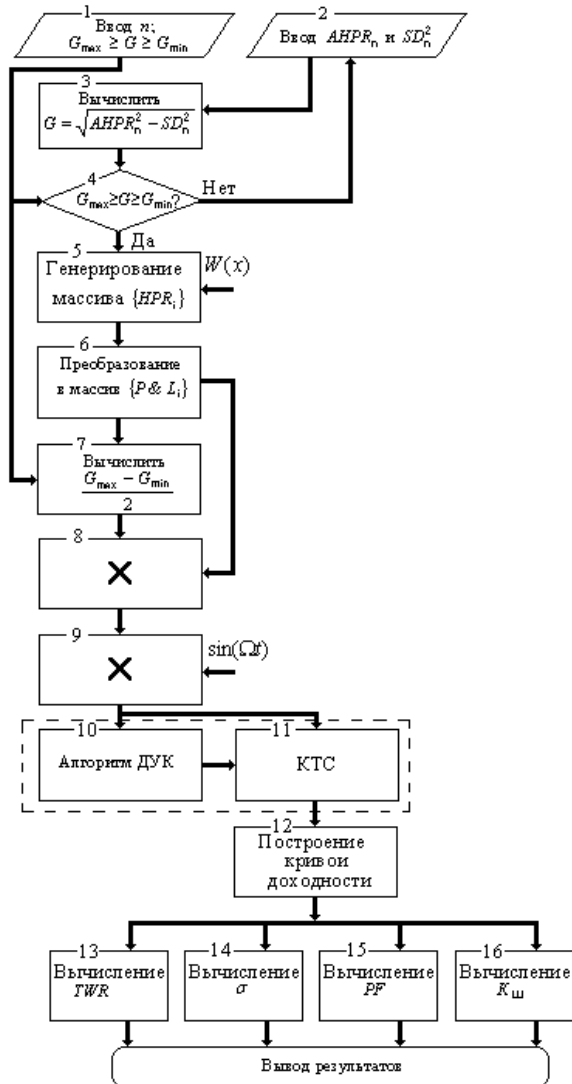


Рисунок 1 – Блок-схема имитационного эксперимента

Генерация этого массива осуществлялась с помощью стандартных средств MS Excel. С помощью элементов 7, 8 и 9 осуществлялась имитация нестационарности реализации $P \& L_i$ по синусоидальному закону с амплитудой, равной $(G_{\max} - G_{\min})/2$. Для данных исследований закон изменений $P \& L_i$ значения не имеет. Важна только скорость изменений, которая определена частотой Ω . Элементы 10 и 11 определяются алгоритмом ДУК. Построение кривой доходности компьютерной торговой системы (КТС) осуществляется в 12. Далее с помощью элементов 13-16 по кривой вычисляются TWR , σ , PF и $K_{ш}$, величины которых и характеризуют эффективность тестируемых алгоритмов ДУК. При имитационном моделировании использовались два значения Ω : Ω и 10Ω -

соответственно «медленные» и «быстрые» изменения реализации $P \& L_i$. Элемент 10 осуществлял реализацию одного из исследуемых алгоритмов ДУК. При этом имитировалась работа известного алгоритма ДУК Р. Винса [1]:

$$TWR_n \Big|_{\max} = \prod_{i=1}^n \left[1 + \frac{-P \& L_i \cdot f_i}{P \& L_j} \right], \quad (1)$$

где f_i - часть капитала при реинвестировании.

Кроме этого были реализованы три оригинальных алгоритма ДУК:

$$\begin{cases} F_{li} = \bar{f} \pm \frac{k \cdot \sigma_f}{\sqrt{n}}; \\ \bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}; \\ \sigma_f = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2}{n-1}, \end{cases} \quad (2)$$

$$TWR_n \Big|_{\max} = \prod_{i=1}^n \left[1 + \frac{-EMA[P \& L_i]}{EMA[P \& L_k]} \cdot F_{2i} \right], \quad (3)$$

$$\begin{aligned} F_{3i} = EMA[f_i] = & EMA[f_{i-1}] + \\ & + \frac{2}{m+1} \{f_i - EMA[f_{i-1}]\}, \end{aligned} \quad (4)$$

где F_{1i} , F_{2i} и F_{3i} - оценки части капитала при реинвестировании, определенные оригинальными алгоритмами ДУК.

Кроме перечисленных выше алгоритмов ДУК имитировался и старый традиционный не адаптивный алгоритм инвесторов $f_{фикс} = const$ ($f_{фикс} = 0,1$). Он определяет постоянную неизменяющую часть капитала при реинвестировании, которая характеризует только страх инвестора перед инвестиционными рисками, но не оценивает их.

В качестве критериев эффективности алгоритмов ДУК были использованы традиционные критерии. Во-первых – это множитель первоначального капитала инвестора [1]:

$$TWR = \frac{K_l}{K_0}, \quad (5)$$

где K_l и K_0 - соответственно величина наращенного капитала в конце отчетного периода l и величина начального капитала инвестора.

Во-вторых, использовано среднеквадратическое отклонение кривой доходности относительно ее среднего значения [3]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{l-1} \sum_{i=1}^l (D_i - \bar{D})^2}, \quad (6)$$

где D_i и \bar{D} - соответственно i -я доходность на i -м шаге инвестирования и средняя доходность, определяемая специфицированным регрессионным уравнением. В случае непродолжительного инвестирования ($l < 20$) в качестве специфицированного регрессионного уравнения целесообразно использовать уравнение вида $\bar{D} = Al^2 + Bl + C$. При $l \geq 20$ целесообразно использовать уравнение вида $\bar{D} = A \exp(Bl)$.

В-третьих, в качестве эффективности экономической системы был использован профит-фактор [4]:

$$PF = K_1 \cdot K_2, \quad (7)$$

где $K_1 = \frac{k_+}{k_+ + k_-}$ - частота появления выигрышных сделок, k_+ и k_- - соответственно количество выигрышных и количество проигрышных сделок, $k_{общ} = k_+ + k_-$ - общее

Результаты соответствуют 538 шагам адаптации ($l = 557$ сделок). Главный вывод эксперимента заключается в том, что на таком интервале адаптации и при «медленных» и при «быстрых» изменениях $P \& L_i$ с точки зрения управления риском целесообразно использовать $f_{фикс} = 0,1 = const$. При этом, инвестор в случае «медленных» изменений $P \& L_i$ выигрывает в величине K_{III} на 7,5%. Естественно, что проигрыш по TWR при этом значительный и составляет $2,28 \cdot 10^{20}$ раз. При «быстрых» изменениях эти величины соответственно равны 2,71 раза и $1,38 \cdot 10^{21}$ раз. В случае $l > 600$ эффективность всех адаптивных алгоритмов ДУК превышает эффективность алгоритма $f_{фикс} = 0,1 = const$, что совпадает с выводами [1].

количество сделок, $K_2 = \frac{\bar{D}_+}{\bar{D}_-}$ - отношение средней доходности выигрышных сделок к средней доходности проигрышных сделок.

И, наконец, в-четвертых, был использован популярный коэффициент Шарпа [3]:

$$K_{III} = \frac{\bar{D} - r \cdot K_0}{\sigma}, \quad (8)$$

где $\bar{D} - r \cdot K_0$ - премия за риск инвестора, r - годовая ставка доходности по депозиту, пересчитанная с учетом реальной величины отчетного периода.

Результаты имитационного моделирования

В табл. 1 приведены результаты имитационного моделирования известных и оригинальных алгоритмов ДУК по схеме рис. 1.

С ростом l выигрыш по всем частным критериям накапливается. Таким образом, применение адаптивных ДУК целесообразно только при достаточно продолжительной адаптации ($l > 600$) и «медленности» изменений $P \& L_i$. Основными факторами, которые влияют на применимость адаптивных ДУК, являются:

- значительные величины σ_f , σ_{F_1} , σ_{F_2} и σ_{F_3} - СКО оценок части капитала при реинвестировании (определяются алгоритмами их формирования);
- скорость изменений $AHPR_n$ и SD_n^2 во времени, поскольку «наивный прогноз», используемый для адаптации становится весьма неточным.

Тем не менее, предложенные адаптивные алгоритмы ДУК оказались более эффективными, чем известный на основе оценок f [1].

Таблица 1. Результаты эксперимента

№	Алгоритм ДУК	Параметры алгоритма	«Медленные» $P \& L_i$ (Ω), $n = 20$				«Быстрые» $P \& L_i$ (10Ω), $n = 20$			
			TWR	σ	PF	K_{III}	TWR	σ	PF	K_{III}
1.	Оценка f (1)	-	$4,54 \cdot 10^{25}$	$5,3 \cdot 10^{31}$	1,078	11,13	$3,29 \cdot 10^{19}$	$8,04 \cdot 10^{23}$	0,428	4,08
2.	Оценка F_1 (2)	F_{1H}	$3,43 \cdot 10^{23}$	$2,93 \cdot 10^{29}$	1,134	10,73	$2,66 \cdot 10^{17}$	$5,32 \cdot 10^{21}$	0,457	4,47
		F_{1cp}	$5,45 \cdot 10^{25}$	$5,23 \cdot 10^{31}$	1,249	11,14	$2,11 \cdot 10^{19}$	$4,8 \cdot 10^{23}$	0,43	4,69
		F_{1B}	$3,89 \cdot 10^{27}$	$3,99 \cdot 10^{33}$	1,345	11,46	$6,73 \cdot 10^{20}$	$1,79 \cdot 10^{25}$	0,405	4,8
3.	Оценка F_2 (3)	$m = 2$	$5,95 \cdot 10^{27}$	$6,62 \cdot 10^{33}$	1,219	11,52	$1,99 \cdot 10^{21}$	$6,51 \cdot 10^{25}$	0,381	6,33
		$m = 3$	$2,73 \cdot 10^{28}$	$2,15 \cdot 10^{34}$	1,251	11,67	$9,23 \cdot 10^{21}$	$3,53 \cdot 10^{26}$	0,37	6,48
4.	Оценка F_3 (4)	$m = 2$	$4,33 \cdot 10^{25}$	$4,62 \cdot 10^{31}$	1,124	11,13	$3,85 \cdot 10^{19}$	$9,37 \cdot 10^{23}$	0,43	4,01
		$m = 3$	$4,67 \cdot 10^{25}$	$4,63 \cdot 10^{31}$	1,139	11,14	$4,06 \cdot 10^{19}$	$9,93 \cdot 10^{23}$	0,425	4,08
5.	$f_{фикс} = 0,1$	-	198689,9	$2,63 \cdot 10^9$	0,946	12,54	32737,08	128616644	0,867	30,14

Так, при «медленных» изменениях $P \& L_i$, выигрыш алгоритма F_2 (3) по сравнению с известным алгоритмом (1) по величине TWR составляет от 130 до 600 раз; по PF - на 13–16%; по K_{III} - на 3,5–4,8%. Это говорит о том, что предложенная Р. Винсом «оптимальная f » для новой модели уже не является оптимальной. Выигрыш в K_{III} у этих алгоритмов происходит из-за того, что они обеспечивают более быстрый рост TWR по сравнению с ростом σ . Рост σ во всех алгоритмах ДУК естественен, т.к. все больший и больший объем капитала инвестора при неизменном инвестиционном риске участвует в инвестициях. С учетом используемых в работе частных критериев все предложенные оригинальные алгоритмы ДУК можно ранжировать следующим образом: алгоритм, основанный на предварительном усреднении $P \& L_i$; алгоритм, основанный на интервальных оценках f и алгоритм, основанный на последующем усреднении f (в порядке убывания качества). Это обусловлено тем, что в большинстве случаев нелинейное преобразование $P \& L_i$ увеличивает величину σ_F . Усреднение до нелинейного преобразования в большинстве случаев эффективнее, чем усреднение после его осуществления.

Интересен эффект роста PF со временем при использованных адаптивных алгоритмов ДУК. Ранее он не был замечен другими авторами. Его сущность заключается в том, что эти алгоритмы косвенно управляют величиной PF посредством оценок F . Эти алгоритмы максимизируют величину PF при достаточно продолжительном времени адаптации. Выигрыш растет с ростом числа шагов адаптации и может достигать 20–30%. Этот факт подтверждает известный тезис о том, что оптимизация системы в целом не адекватна ее оптимизации по частям. До сих пор в специальной литературе считалось, что увеличение PF можно осуществлять только применением в КТС более эффективных технических индикаторов и более эффективных правил формирования торговых сигналов.

Выводы

На основании предложенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. В случае непродолжительных биржевых игр или кратковременных инвестиционных проектов ($l < 600$) в принципе не целесообразно применять как известные так и оригинальные адаптивные алгоритмы ДУК. При этом целесообразно использовать $f_{фикс} = const$, что позволит оптимизировать величину K_{III} . Однако, тогда инвестор существенно проиграет в величине

TWR .

2. При относительно «медленных» изменениях $P \& L_i$ предложенные адаптивные алгоритмы ДУК дают следующие улучшения частных критериев по сравнению с традиционным алгоритмом ДУК Р. Винса.

По относительному росту TWR : алгоритм ДУК (3) обеспечивает выигрыш в 130–600 раз; алгоритм ДУК (2) - более 20%.

По относительному росту PF : алгоритм ДУК (3) обеспечивает выигрыш на 13–16%; алгоритм ДУК (2) - на 16–25%.

По относительному росту K_{III} : алгоритм ДУК (3) обеспечивает выигрыш на 3–4%; алгоритм ДУК (2) обеспечивает выигрыш до 3%.

3. С ростом времени адаптации при нестационарном характере «медленных» изменений $P \& L_i$ выигрыши по п. 2 существенно возрастают.

4. В случае «быстрых» изменений $P \& L_i$ не целесообразно применение адаптивных алгоритмов ДУК даже при существенном росте времени адаптации ($l > 600$). Это связано, в основном, с низким качеством «наивного прогнозирования».

5. Анализ работы всех адаптивных алгоритмов ДУК показал, что их низкая эффективность (требование существенного времени адаптации), в основном, зависит от значительной величины дисперсии σ_F^2 .

6. В состав реальных КТС целесообразно включать адаптивные алгоритмы ДУК. При достаточно продолжительном времени функционирования ($l > 600$) в этих КТС можно существенно повысить на 20–30% величины PF при использовании традиционных технических индикаторов и правил формирования сигналов входа/выхода в рынок.

Литература

1. Винс Р. Математика управления капиталом. Методы анализа риска для трейдеров и портфельных менеджеров: Пер. с англ. – М.: Альпина Паблшер, 2001. – 400 с.
2. Смирнов А.В., Гурьянова Т.В. Об «оптимальном f » Ральфа Винса. Наукові праці Донецького національного технічного університету, серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка», вып. 9 (132), Донецк, ДонНТУ, 2008. – С. 216-220.
3. Боди Э., Кейн А., Маркус А. Дж. Принципы инвестиций. 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2002. – 984 с.
4. Нейман Э.Л. Трейдер-инвестор. – К.: ВИРА – Р, 2000. – 640 с.

Поступила в редколлегию 15.03.09