

El Principio de Reina Roja Aplicando e-Commerce en una Línea Aérea de Bajo Costo

Alberto Ochoa¹, Alberto Hernández², Saúl González¹, & Arnulfo Castro¹

¹Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

²Ingeniería y Ciencia Aplicadas, CIICAp-UAEM,

Abstract. En el cómputo coevolutivo, el principio denominado Reina Roja exige apremios en el realce del funcionamiento de todos los individuos si cada uno debe mantener status quo en la aptitud relativa medida por un índice referente al funcionamiento agregado. Esto se encapsula dentro de la definición de Reina Roja propuesto por Lewis Carroll que dice "en este lugar, debes correr todo lo que puedas, para permanecer en el mismo lugar". El enfoque sustantivo de este artículo es generar un mercado ecológico de venta y compra incluyendo ofertas de pasajes de avión que reflejen el principio de la Reina Roja para una explicación del observado frecuentemente en la distribución igualitaria de la ley de distribución del poder en una línea aérea de un costo más bajo y sus ofertas de los precios utilizando e-commerce y la aparición del arbitraje de condiciones libres llamado eficiencia del mercado. Con los compradores especulativos, modelados usando Algoritmos Culturales (ACs) para desarrollar estrategias de compra acertadas, la declaración analítica de nuestra hipótesis en cuanto al principio de Reina Roja se puede poner en ejecución por ACs realizando las características de e-commerce desarrolladas para ello.

Keywords: Principio Reina Roja, Algoritmos Culturales, e-commerce.

1 Introducción.

Este artículo está enfocado en poner la metodología en ejecución de los modelos de cómputo inteligentes basados en multiagentes para simular las operaciones de e-commerce como sistemas adaptables complejos (CAS). Estos mercados se comparan a las complejas ecologías que implican la interacción de una gran cantidad de agentes que respondan adaptativamente a su ambiente y a otro agente con la ayuda de algoritmos de computadora que mimeticen principios evolutivos. El ambiente de tales agentes llega a ser complejo con las "firmas" estadísticas por ejemplo asociadas a las leyes de energía. Asociado con este ambiente de población coevolutiva de agentes, cada uno procura realzar su aptitud en relación con otros, es el principio de Reina Roja basado en la observación hecha por la Reina Roja a Alicia en el libro de Lewis Carroll: *Mirando a través del cristal* "en este lugar tienes que correr lo más que puedas, para permanecer en el mismo lugar".

El principio de Reina Roja primero fue identificado por un biólogo evolutivo van Valen identificando características de competencia coevolutiva en especies. En la

competición que gobierna la lucha por los recursos del sustento o en casos de confrontación directa con las rentabilidades de suma cero, por ejemplo en situaciones de parasito-anfitrión o en el caso de depredador-presa en donde los aspectos a evaluar son relativos a las capacidades absolutas del funcionamiento de los individuos. Ciertas cualidades de los individuos tienen que ser realizadas en forma concerniente a otros para permanecer adelante de su especie. Pero otros están implicados además en el realce del funcionamiento que acciona una carrera armamentista. Puesto que solamente la hipótesis o las conjeturas pero no las pruebas directas del principio de Reina Roja se pueden aplicar a la biología evolutiva, las simulaciones artificiales de la vida han sido los medios para entender la dinámica del sistema y las características genéricas distintivas de la competitividad coevolutiva. Los trabajos clásicos [8] se basan en competencia coevolutiva de especies. En [3] parásitos fueron introducidos deliberadamente y fue observado que la competitividad coevolutiva entre especies podría potencialmente prevenir el estancamiento en grados óptimos locales. La evolución de la inteligencia en sí mismo se presume para presentarse como un tipo de carrera armamentista de Reina Roja que da lugar a comportamientos Maquiavélicos en las interacciones sociales [9]. En [6] se presenta una discusión más completa de la importancia de los principios de Reina Roja aplicados al e-commerce. En competitividad coevolutiva, el principio de Reina Roja, por lo tanto, exige apremios en el realce del funcionamiento de todos los individuos si cada uno debe mantener status quo en la aptitud relativa medida por un índice referente a su funcionamiento agregado. El enfoque substantivo de este artículo es generar ecologías experimentales de e-commerce que reflejen el principio de Reina Roja para una explicación amplia de la distribución altamente inequitativa observada en la ley de energía en la renta del comprador (medida aquí como ventas comunes) y la aparición del arbitraje condiciona libremente la eficacia del mercado. Con los inversionistas especulativos modelados utilizando Algoritmos Culturales, para desarrollar estrategias de compra acertadas, la declaración analítica de nuestra hipótesis de Reina Roja se establece como sigue: la estrategia de cada agente debe "continuar" con el funcionamiento medio del resto de las estrategias en términos de retornos.

Esto puede ser implementado por los ACs realizados obteniendo un mejor precio de compra [5]. En el modelo artificial de bolsa presentado en [1] se demostró que cuando el funcionamiento del pronóstico de agentes como programas genéticos fue alterado por diversos índices de la reinstrucción, la dinámica del precio común varió correspondientemente. Cuando los programas genéticos se les asignaron un índice lento de reinstrucción, el mercado convergió a las expectativas racionales homogéneas (HRE) mientras que cuando la enseñanza de habilidades nuevas de tarifa fue acelerada, la dinámica más volátil de bolsas verdaderas fue observada. Sin embargo, en nuestra perspectiva del principio de Reina Roja, el realce del funcionamiento no debe ser ad hoc y exógeno impuesto por el usuario, sino debe ser un constreñimiento endógeno. En [2] se propone en forma excepcional un esquema endógeno para cuándo y por cuánto equiparon los inversionistas de reentrenamiento utilizando programación genética un ambiente artificial de la bolsa. También en [2] se discute el proceso del realce de funcionamiento individual de la inversión en términos de la presión y del autorealización. Prescriben una manera endógena, en la cual los agentes busquen reglas "mejores" de inversión y llaman a este procedimiento que visitan la escuela de negocio. En [2] se resalta un punto importante que puede ser resumido como sigue: en cuanto el funcio-

namiento de la inversión de cada agente se diferencia a partir del otro concerniente a una cierta prueba patrón (endógeno dada), la coevolución de los agentes ahora está gobernada por una aptitud diversa o una función objetivo. Sin embargo, el problema siguiente se puede citar con la medida de Chen y Yeh basada en el criterio de la presión par. Depende de una noción de ranking [2] que presupone conocimiento por un agente del funcionamiento del deseo de compra del resto de los agentes. En base de la información descentralizada, esto no es viable. Por lo tanto, discutimos que el funcionamiento relativo de la inversión tuviera que ser lo mejor posible evaluado por los retornos agregados del índice de mercado - la idea que se pretende dirigir es "agitar el mercado". Además, nos alejamos de utilizar la regla de tipo "Santa Fe" acerca de la decisión de la inversión del cociente radio de Sharpe usada en [2] y a otra parte que no es óptima cuando los retornos no son de tipo Gaussian con volatilidad constante. El último es muy inverosímil en el caso de los retornos de Reina Roja. Por las razones anteriores, seguimos el marco descrito en [4] el cuál esta en más armonía con el marco de los sistemas adaptables complejos y abarca la generación de la ley de energía de la abundancia del comprador como manifestación de la complejidad autoorganizada. Extendemos el modelo en [4] para enfocarnos y probar directamente el constreñimiento de la Reina Roja que falta en su trabajo. Discutimos que cuando el reentrenamiento de los agentes ocurre, el índice de la reinstrucción corresponde al grado en el cual un constreñimiento de un límite más bajo en abundancia agregada en relación con la abundancia del comprador está satisfecho o no: los agentes tienen que funcionar rápidamente o no en los términos de la reinstrucción que hacen. Nuestra hipótesis es sobre la eficacia del mercado activo y la distribución de la ley de energía en las compras comunes, las cuáles requieren como condición necesaria que todos los comerciantes trabajen con dificultad y "agitar con dificultad" el mercado. Entonces, hay un punto en el cual ninguno de los agentes puede comprar. El valor del riesgo del comprador sigue un proceso multiplicativo estocástico y la distribución de las compras comunes en la economía debe en principio converger a la distribución de Pareto de la ley de energía cuando este constreñimiento de Reina Roja tiene un límite más bajo en abundancia del comprador este está satisfecho. Regresando a este constreñimiento de Reina Roja por intervalos, verificamos en forma experimental si el comportamiento colectivo de los agentes al "golpe" del mercado es de hecho la manera en la cual los mercados llegan a ser eficientes, ver Figura 1.



Figura 1.- Sitio de la línea aérea de bajo costo, donde se hicieron las simulaciones de KYRAN

2 Leyes de energía en abundancia del comprador y la prueba para el principio de Reina Roja.

2.1 Pasos en la prueba para determinar el efecto de Reina Roja.

En un modelo con la aparición endógena de la ley de la energía en los retornos comunes, definimos la ley de energía en los términos de la distribución de abundancia del comprador. En un sistema grande de N agentes, la distribución de la probabilidad (o la proporción de individuos en una población con abundancia, el tamaño se representa con w) que es dado por:

$$P(w) \sim w^{-1-\alpha} \quad (1)$$

Aquí, w (número entero) es cierto valor de la abundancia w en la población, la abundancia total se genera desde el N sistema de agentes, el cuál es:

$$W(t) = w_1(t) + w_2(t) + \dots + w_N(t) \quad (2)$$

En donde las dinámicas han sido caracterizadas por las ecuaciones generalizadas de Lotka Volterra para cada microsistema bajo ciertas condiciones causan la distribución de la ley de energía en la ecuación 1. Consideramos aquí solamente la forma simple de lo que implica $\lambda_i(t)$, la abundancia multiplicativa al azar que genera el factor que se presenta debido al funcionamiento del modelo y de la estrategia del pronóstico de cada agente para comprar, y del sistema (aerolínea) para vender o para no negociar en lo referente a la generación del punto de precio del mercado que es común a todos los compradores.

$$w_i(t+1) = \lambda_i(t)w_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Los resultados principales se presentan debajo. La ley de la energía en la ecuación 1 continúa sí y solamente sí el coeficiente multiplicativo (t) en la ecuación 3 en la abundancia del agente se convierte en independiente de los factores del agente i y de todos las estrategias de rentabilidad de los agentes, dibujando la misma distribución uniforme de probabilidad. Es decir, en promedio ninguna estrategia tiene una ventaja indebida sobre otra estrategia en la obtención de rentabilidad superior a la media en cada t . El punto importante aquí es que éste es un fenómeno inesperado entre los compradores que intentan encontrar reglas a la “sacudida” del mercado e intentan asiduo y “buenas” reglas de pronóstico selecto por criterios evolutivos genéricos de la aptitud de recompensar esas reglas que aumenten la rentabilidad del comprador, $w_i(t)/W(t)$. Así, la aparición de la eficacia del mercado se sostiene en el modelo basado en el sistema de agentes bajo circunstancias muy diferentes de las que se asocia tradicionalmente a la racionalidad del comprador. Tradicionalmente, la última compra está en los agentes con mayor tiempo, que procuran la “sacudida” del mercado. Debemos notar que la distribución de la ley de energía de abundancia del comprador en un mercado eficiente recompensa la proporción pequeña de compradores con retornos grandes mientras que muchos obtienen peor precio.

Los pasos en la prueba del resultado requieren que el parámetro α en la ecuación 1 sea positivo. Para esto tiene que haber un límite más bajo, $w_{\min}(t)$, el cuál dicta que el teorema del límite central no es mayor que el aplicado en t y en las distribuciones normales, no seguidas de $w_i(t)$. El límite de frontera $w_{\min}(t)$ es especificado como:

$$w_{\min}(t) / q \varpi(t) \quad (4)$$

Esto da como resultado:

$$q = w_{\min}(t) / \varpi(t), \quad (5)$$

Donde $\varpi(t) = W(t)/N$, ie. $\varpi(t)$ es la ganancia en el tiempo t .

2.2 Satisfacción de constreñimientos y Ley de Poder

Para resaltar la importancia del papel de la satisfacción del constreñimiento y cómo el efecto de Reina Roja trabaja, especificamos la siguiente ecuación:

$$\lambda_{i \text{ con}}(t) = q (\varpi_t / w_i(t)), \quad 1 > q \geq 1 / \ln N \quad (6)$$

y con igualdad, como el primer término en la ecuación 6, lo cuál es común a todos los agentes, la implicación de la ecuación 6 es que el $\lambda_i(t)$ tiene que ser proporcionalmente mayor (más pequeño) cuando la abundancia de la población de compradores $\varpi(t) = W(t)/N$ excede (es menos que) el del agente i th. En otras palabras, como veremos, se obliga a los agentes a que mejoren su funcionamiento de compra cuando están debajo del promedio. Esto sigue el punto descrito anteriormente en [2], de los ACs, los cuáles ahora efectivamente coevolucionan con diversas funciones de aptitud. Mientras que en numerosos estudios, los criterios que gobiernan la intensidad de la búsqueda de mejores reglas de compra se han incluido, a menudo en una manera ad hoc, qué no ha ido precisamente indicado como se menciono anteriormente ni aprobado cómo la aparición de i -independencia del λ_{it} en la ecuación 3 y la aparición de la ley de poder en la distribución de la abundancia del comprador continúa mientras que una población de agentes N aplica el constreñimiento en la ecuación 6, en su selección de estrategias de inversión que determinan colectivamente la dinámica de la abundancia del comprador. La falla al momento de discriminar, finalmente genera la aparición de las leyes de poder en modelos de la bolsa del multiagentes ha conducido a conclusiones vagas tales como "casi cada modelo realista del mercado que hemos estudiado en el pasado comparte las características de w -independiente con distribución $\prod(\lambda)$ ", [10].

El problema es seguir detalladamente el acoplamiento entre las estrategias del agente que son seleccionados por los ACs bajo el principio evolutivo de la aptitud proporcional y el impacto del mercado en el individuo, el cuál negocia para determinar $\lambda_i(t)$ en la ecuación 6. Los detalles con respecto a la última compra se almacenan en un mínimo pues nuestro propósito inmediato es ilustrar cómo el uso de ACs realiza constreñimiento [5], permitiendo satisfacer idealmente el modelo y probar el papel de apremios en la ecuación 6. El precio se determina solamente en función del exceso de la demanda con respecto a ofertas agregadas, B y las ofertas, O , para cada t , la cuál denota el número total de agentes en el mercado como N , haciendo ofertas en t son

$$B_t = \sum_{ij} (c) b_{it} \text{ y } O_t = \sum_{ij} (c) o_{jt}, \quad i \neq j \quad (7)$$

Nosotros seguimos el esquema de ajuste del precio discutido en [2] el cuál se basa en exceso de demanda ($B_t - O_t$)

$$P_{t+1} = P_t(1 + \beta (B_t - O_t)) \quad (8)$$

Aquí β puede ser interpretado como la velocidad del parámetro de ajuste. La forma que ésta toma es idéntica a la presentada en [2].

El retorno común, R_t , es definido como $R_t = (E_n P_{t+1} - E_n P_t)$ (9)

2.3 KYRAN y la satisfacción del constreñimiento utilizando ACs: Diseño para la prueba de Reina Roja

Conservamos la arquitectura para KYRAN explicada en [5] para la selección de las reglas de decisión que recomiendan comprar o esperar una oferta. Al igual que con los ACs, cada agente es parte de una población inicial de reglas de decisión. Éstos incluyen los fundamentos bien conocidos basados en pronósticos de reglas o tienden después a modificar sus reglas basados en su espacio de creencias. Las soluciones proporcionadas son seleccionadas aleatoriamente, predispuestas por su aptitud, para la implicación de creencias en la siguiente generación. Los mecanismos generales (designados operadores genéticos, e.g. reproducción, mutación y migración) se utilizan para combinar o para cambiar las soluciones seleccionadas del individuo para generar el espacio de creencias, que afectará a población. En KYRAN, una solución candidato es representada por un árbol genético de decisión (GDT). Los elementos básicos del GDT son reglas y pronostican valores. Una sola regla consiste en un indicador útil para la predicción, un operador del tipo "mayor que", o "menor que", y un umbral (valor verdadero). Una sola regla obra recíprocamente con otras reglas en un GDT a través de operadores de lógica por ejemplo "o", "y", "no", y "Si-Entonces-De otra forma". Los valores del pronóstico en este modelo son direcciones de movimientos del precio, generando una tendencia positiva (es decir un retorno de precio dentro de un intervalo especificado de tiempo). La recomendación para comprar en t sigue la predicción de un excedente de la subida en el precio (tendencia positiva) al período dado y la recomendación a esperar una oferta sigue la predicción de una caída del precio (tendencia negativa de $x\%$). Los diversos umbrales y horizontes de retornos existen para diversas clases de compradores. Puesto que un GDT utiliza para predecir que direcciones del precio cambian y hagan recomendaciones para compra en e-commerce, el éxito o la falta de recomendaciones puede categorizarse como problema de clasificación. Cada punto de la predicción para cada GDT se puede clasificar en posición positiva o posición negativa. Para cada GDT, definimos RC (índice de corrección), y RF (índice de falta) como sus criterios de funcionamiento de la predicción. Cada agente selecciona un GDT que constituye la estrategia que negocia para comprar, la cuál maximiza la función de aptitud:

$$\Gamma(t) = \varphi(rc)RC - \varphi(rf)RF \quad (10)$$

La función de la aptitud implica dos valores del funcionamiento, es decir RC y el RF, cada uno de los cuales se le asigna un diverso peso. Mientras que el GDTs debajo de su desempeño conduce a los agentes a la búsqueda de la renta de inversión pues no hay constreñimiento en cuanto a cómo se especifica para suplir la función de aptitud en KYRAN. Una población coevolutiva realza el constreñimiento de estrategias que negocian para permitir funcionar por una gran cantidad de períodos. Esto termina la descripción del diseño del marco que apunta probar el efecto de Reina Roja en la aparición de mercados activos y su eficacia en compras mediante e-commerce.

2.4 Implementación de las dinámicas del mercado para e-commerce.

Todos los agentes de KYRAN tiene la misma abundancia inicial w_0 y se da un número fijo e igual S_0 de poder de compra y de efectivo C_0 al principio de la simulación.

Entonces, la abundancia en $t+1$: $w_{it+1} = (P_{hit} + C_{it}) \quad (11)$

Aquí, h_{it} sostiene las compras del agente i_{th} .

La dinámica de la abundancia sigue una regla simple basada en la recomendación de ACs de un agente: los agentes van 100% en la dirección recomendada por sus pronósticos de ACs para las tendencias de precio. Es decir, si el retorno requerido por $x\%$ ($-x\%$) regresa una acción realizable en un horizonte dado de tiempo, el agente seleccionará las ofertas de vuelos para comprar la más adecuada, con base en su presupuesto

$$b_{it} = h_{it-1} + (C_{it-1}/P_t), \text{ si } C_{it} > 0 \quad (12a)$$

$$o_{it} = h_{it-1}, \text{ si } h_{it-1} > 0 \quad (12b)$$

Las tendencias reales, h_{it} , que resultará ésta determinado por el esquema de compras de e-commerce. Cada recomendación de compra en t instala automáticamente una orden de límite a la venta, la primera vez que la vuelta requerida se alcanza o el horizonte especificado, debido a que el pronóstico está satisfecho. Asimismo, la recomendación de esperar una oferta en t es seguida por una orden de límite de compra la primera vez que ocurre una caída predicha del precio, pero ninguna compra sigue, si el pronóstico no se satisface en el horizonte de inversión. Un esquema de inversión de esta clase dará lugar a la maximización del crecimiento del mejor precio, de manera que sea afirmada enteramente por la capacidad de pronóstico del agente. Al final de su horizonte de inversión, un agente con una predicción incorrecta en el sentido de haber comprado un vuelo con precio mayor, habrá perdido una parte substancial de su efectivo. El agente que predijo una caída del precio de forma incorrecta terminará por no poder recuperar otra compra. Mientras que solamente las tendencias de la acción pueden realzar la espera de una compra.

3 Resultados de la experimentación de información.

En esta sección, divulgamos los resultados en datos de precio de vuelos de Internet y la distribución de las tendencias comunes en el funcionamiento final de simulaciones para los dos casos: con los apremios de Reina Roja en funcionamiento de los ACs y cuando la reinstrucción se emprende en una manera ad hoc especificada por el comprador. Por último fijamos simplemente diversas clases de agentes, al reentrenamiento en los intervalos fijos de tiempo, más bien incitados por cualquier constreñimiento endógeno en su funcionamiento de compra. Además, debe ser observado que en este análisis preliminar, el constreñimiento de Reina Roja implica solamente que los agentes aprenden habilidades nuevas en los intervalos fijos de tiempo más bien incitados por cualquier constreñimiento endógeno en su funcionamiento de compra. Además, debe ser observado que en este análisis preliminar, el constreñimiento de Reina Roja implica solamente que los agentes aprendan habilidades nuevas cuando su poder de compra baja debajo de la media. Los experimentos con y sin apremios de Reina Roja fueron realizados por 200 y 1000 periodos. Utilizando la prueba de Bera-Jacques, encontramos salidas significativas de la normalidad para los retornos de precios óptimos, la serie de precios generada para ambas longitudes de funcionamientos con Reina Roja satisfacen la hipótesis nula de sus coeficientes respectivos de la raíz de la unidad no son estadísticamente diferentes a partir de cero. Que tan importante para nuestro análisis es la función acumulativa empírica de la densidad para las tendencias

comunes en una escala de registro. La distribución de tendencias comunes es más igualitaria en el caso ad hoc para el caso de Reina Roja. Los resultados de la regresión en el registro del número de agentes con las tendencias comunes mayores que h en el registro de h dada la estimación del exponente relevante de la ley de poder. Que tan importante es para el caso de 1000 corridas, los valores de Reina Roja demuestran que los datos para el exponente de la ley de poder de 1.466 el cuál es cercano al clásico valor $3/2$ valor encontrado por Pareto para la distribución de ingresos.

Tabla 1. Estimación de los coeficientes de la ley de poder

Reina Roja	ξ GEV Shape Parameter #	$1/\xi$ Tail Index for Fat Tails Ln-Ln OLS Slope for α	
200 corridas	1.03 (.544, ± 0.89)	0.97	0.448
1000 corridas	0.57 (.378, ± 0.62)	1.75	1.466
Reinstrucción Ad Hoc			
200 corridas	1.205 (0.5017, ± 0.82)	0.83	0.1985
1000 corridas	1.92 (.0009, $\pm .0014$)	0.52	3.68

En el caso de la reinstrucción ad hoc indica una distribución más similar de las tendencias comunes que las simulaciones con apremios de Reina Roja. Sin embargo, en el último caso, debe ser observado que el GEV generalizó un parámetro extremo de su valor ξ los resultados en el índice de la cola de 1.75 un valor estadístico perceptiblemente diferente $\xi = 0$ en un nivel de confianza del 95%.

4 Conclusiones.

La explicación endógena para la aparición de una ley en fenómenos tan variados como terremotos, tamaño de ciudades y distribución de ingresos es actualmente de interés en el marco de la teoría de sistemas complejos [7]. Se discute en [7] que la ley de poder generada en [4] es un modelo que "depende del constreñimiento de un límite más bajo impuesto en forma arbitraria" en la mejor compra del agente individual definida en función de malas compras de la población. En este artículo hemos discutido que estamos lejos de un constreñimiento arbitrario. La satisfacción de este constreñimiento de un límite más bajo se modela aquí como la del comportamiento que dicta el realce del funcionamiento en forma de aprendizaje adaptativo. En un sistema de compra artificial para e-commerce se modela qué agentes tienen que aprender y adaptarse individualmente en un ambiente de población basado en ACs, y en el aprendizaje de habilidades nuevas de los ACs se hace sobre todo de una manera ad hoc [5]. Sin embargo los resultados interesantes en apoyo de la hipótesis de Reina Roja se han obtenido, mediante experimentos funcionales limitados hasta ahora, se deben considerar los resultados experimentales divulgados aquí como algo tentativo. Además, el constreñimiento de Reina Roja fue puesto en ejecución solamente de una manera limitada. Resultados más detallados serán divulgados en un futuro cercano.

Referencias

1. Arthur WB, Holland J, LeBaron B, Palmer R., Tayler P(1997) Asset Pricing Under Endogenous Expectations in an Artificial Stock
2. Markey. In: Arthur WB, Durlauf S, Lane D (eds) The economy as an Evolving Complex Sysrems II. Addison Wesley, Reading MA. Pp. 15-44.
3. Chen SH, Yeh CH (2001) "Evolving Traders and the Business School with Genetic Programming: A new Architecture of the Agent-Based Artificial Stock Market". Journal of Economic Dynamics and Control 25: 363-393.
4. Hillis WD (1992) "Co-Evolving Parasites Improve Simulated Evolution as an Optimization Procedure. In: Langton C, Taylor C, Farmer JD, Rasmussen S (eds) Artificial Life II (Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity, Vol. 10). Reading MA: Addison-Wesley.
5. Levy M, Solomon S (1996) "Dynamical Explanation for the emergence of Power Law in a Stock market Model. International Journal of Modern Physics C 7: 65-72.
6. Li J, Tsang EPK (2000) "Reducing Failures in Investment Recommendations Using Cultural Algorithms". Proceedings of the 6th. International Conference On Computing in Economics and Finance", Society for Computational Economics, Barcelona.
7. Markose S (2004) The New Evolutionary Computational Paradigm of Complex Adapative Systems: Challenges and prospects for Economics and Finance. In: Chen SH (eds) Genetic Algorithms and Heuristics in Computational Finance, Kluwer. Also in Essex University Economics DP no. 552.
8. Milakovic M (2001) A Statistical Equilibrium Model of Wealth Distribution. Mimeo, Center for Economic Policy Analysis, New School University.
9. Ray TS (1992) An Approach to the Synthesis of Life. In: Langton C, Taylor C, Farmer JD, Rasmussen S (eds) Artificial Life II (Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Vol 10). Reading MA: Addison-Wesley.
10. Robson A (2002) The Evolution of Rationality and the Red Queen. Journal of Economic Theory 111: 1-22
11. Solomon S (2000) Generalized Lotka- Volterra (GLV) Models and Generic Emergence of Scaling Laws in Stock Markets. In: Ballot G, Weibusch G (eds) Proceedings of International Conference on Computer Simulations and the Social Sciences. Hermes Science Publications.