

Želví modely trhu

(aneb pěstujeme ekonomiku v Petriho misce)



Michal Kvasnička
qasar@econ.muni.cz

Struktura prezentace

- Co jsou to „želví modely“
- Motivace modelu trhu
- Popis modelu
- Výsledky simulací a jejich analýza
- Závěry



„Želví modely“

„Želví modely“

■ Agent-based Computational Economics (ACE)

■ Agent-based Modeling (ABM)

jsou způsob tvorby ekonomických modelů.

Jde o „výpočetní“ modely důsledně odvozené od chování „prvků systému“.

Používají se typicky pro modelování „komplexních systémů“.



„Standardní“ modely

Dva prvky: „hráči“ a „hřiště“ – popsány matematicky.

Řešení:

- spočítá se optimální chování každého hráče při daném chování ostatních (reakční funkce)
- spočítá se Nashova rovnováha (může jich být víc)

Výhody:

- jasný, dokázaný analytický výsledek
- formální analýzou lze zkoumat jeho vlastnosti

Nevýhody:

- jen (hyper-)racionální hráči
- jen rovnováha (ne přizpůsobovací procesy)

ACE modely

Stejně dva prvky: „hráči“ a „hřiště“ – softwaroví roboti.

Každý robot má své cíle, své omezení, reakce, paměť, . . .

Řešení: sledujeme interakce „hráčů“ a k čemu vedou (simulace).

Výhody:

- méně omezení (mnoho agentů, heterogenní agenti, libovolná úroveň racionality, učení, libovolné tvary funkcí, . . .)
- nevnučuje rovnováhu \Rightarrow lze zkoumat přizpůsobovací procesy
- jasná korespondence agentů a reálných „hráčů“

Nevýhody:

- není analytické řešení
- jen balík „výstupních“ dat – nutno statisticky analyzovat

Příklad: Predátoři a kořist

Tradiční ekologický model Lotka–Volterra:

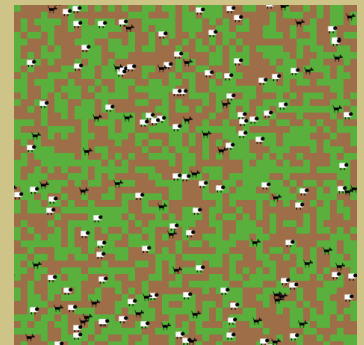
$$\frac{dn_1}{dt} = n_1(b - k_1 n_2)$$
$$\frac{dn_2}{dt} = n_2(k_2 n_1 - d)$$

n_1 hustota populace kořisti, n_2 hustota populace dravců

b porodnost kořisti, d míra úmrtnosti dravců

$k_1, k_2 > 0$ konstanty

ACE reprezentace má podobu počítačové simulace:



Použití

- ekonomie
- sociologie
- politologie?
- (evoluční) biologie
- teoretická ekologie



Motivace modelu

- Hayek: “The Use of Knowledge in Society”, *AER* 1945
- Chamberlin: “An Experimental Imperfect Market”, *JPE* 1948
- Smith: “An Experimental Study of Competitive Market Behavior”, *JPE* 1962
- Gode—Sunder: “Allocative Efficiency of Markets with Zero-Intelligence Traders: Market as a Partial Substitute for Individual Rationality”, *JPE* 1993
- Cliff—Bruten: “Less Than Human: Simple adaptive trading agents for CDA markets”, 1997



Hayek, AER 1945

Informace jsou ve společnosti rozptýlené.

“We must look at the price system as such a mechanism for communicating information if we want to understand its real function...”
(p. 526)

Ekonomové tomu buď věří, nebo ne. Jak to ověřit?



Chamberlin, JPE 1948

První článek o experimentální ekonomii („classroom experiment“).

Kupci a prodejci, rezervační ceny, 1 jednotka, 1 „obchodní den“.

Jen privátní informace (rezervační ceny).

Žádná organizace trhu: studenti bloumali po třídě a smlouvali.

Výsledky

- zobchodovalo se víc než rovnovážné množství
- průměrné ceny byly pod rovnovážnou cenou
- nebyla žádná tendence směřovat k rovnováze



“My own skepticism as to why actual prices should in any literal sense tend toward equilibrium during the course of a market has been increased not so much by the actual data of the experiment . . . as by failure . . . to find any reason why it should be so.” (p. 102)

Smith, JPE 1962

Stejná struktura experimentu až na

■ víc „obchodních dnů“

■ jinou organizaci trhu: continuous double auction market (CDA)

Dramaticky odlišné výsledky:

“Even where numbers are ‘small’, there are strong tendencies for a supply and demand competitive equilibrium to be attained...” (p. 134)

Ovšem, pokud nabízeli jen prodejci,
ceny byly pod rovnovážnými.



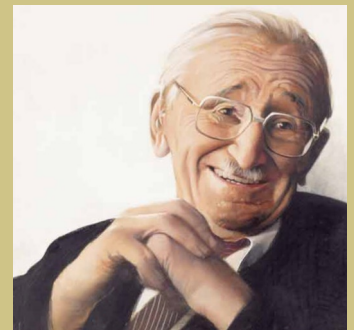
„Hayekova hypotéza“

“Hayek’s Hypothesis: Strict privacy [regarding agents’ value and cost characteristics] together with the trading rules of a market institutions are sufficient to produce competitive market outcomes at or near 100% efficiency.” (Smith, 1982, p. 167)

Problém: Jak vysvětlit efektivitu trhu v odhalování a komunikaci skrytých rozptýlených informací o rezervačních cenách?

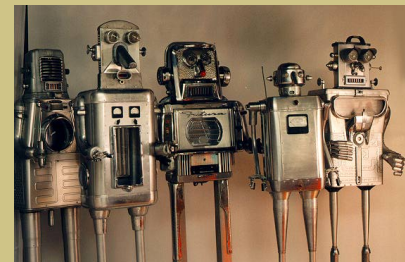
Standardní model nelze použít – už *předpokládá* rovnováhu.

Proto ACE modely.



Gode—Sunder, JPE 1993

“... human traders are replaced by ‘zero-intelligence’ programs that submit random bids and offers.” (p. 119)



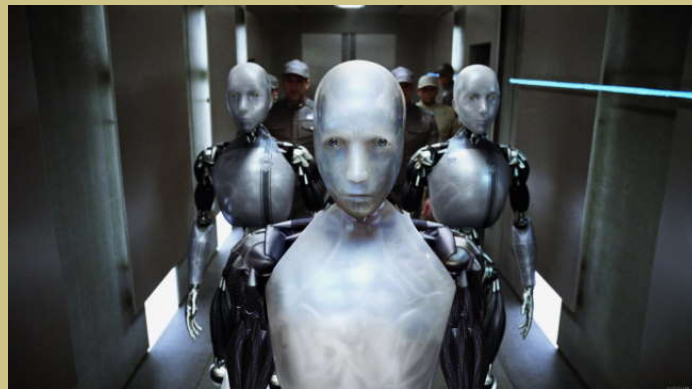
Výsledky:

“Imposing a budget constraint ... is sufficient to raise the allocative efficiency of the auctions close to 100 percent. Allocative efficiency of a double auction derives largely from its structure, independent of traders’ motivation, intelligence, or learning. Adam Smith’s invisible hand may be more powerful than some may have thought; it can generate aggregate rationality not only from individual rationality but also from individual irrationality.” (p. 119)

Cliff—Bruten, 1997

“More than zero intelligence needed for continuous double-auction markets.”

ZI-P traders: “... remarkably simple adaptive mechanism can give performance that does not suffer from the problems affecting G&S’s ZI-C traders: only a slight increase in ‘intelligence’ is necessary.”

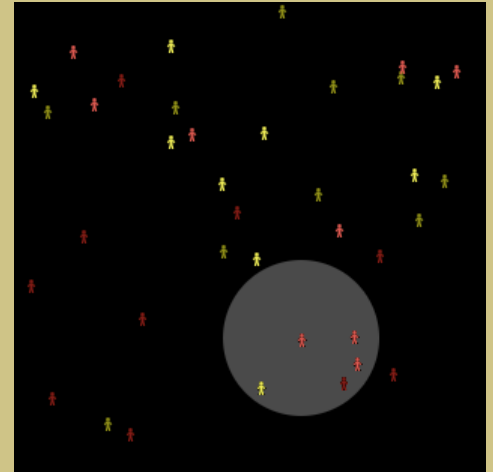


Popis modelu

Čtyřúhelníkový svět (toroid), kde obchodují softwarový ZI-P roboti. Mají tajné rezervační ceny, 1 jednotku k zobchodování každý den. Obchodují opakovaně bez zprostředkování.

Tržní instituce jsou dány parametry:

- `vision%` (0–100 %) ... jakou část světa vidí
- `who-offers?` kupci / prodejci / oba
- `public-offers?` (true / false)
- `public-hearing?` (true / false)
- `moving-type` pohybují / nepohybují se



Tržní instituce

Lze „namixovat“ mnoho typů tržních institucí:

- CDA trh: `vision%` = 100 %, `who-offers?` = both, `public-offers?` = true, `public-hearing?` = true, `moving-type` indifferent
- Chamberlinův trh: `vision%` < 100 %, `who-offers?` = both, `public-offers?` and `public-hearing?` uncertain, `moving-type` = moving
- maloobchod: `public-offers?` = true, `public-hearing?` uncertain, `moving-type` = moving
- ...



Inicializace a resetování

Na začátku každé simulace:

- roboti jsou vytvořeni a náhodně umístěni ve světě
- jsou jim přiřazeny rezervační ceny podle dané nabídkové či poptávkové křivky
- přiřadí se počáteční hodnota „vyjednávacím“ cenám
- ostatní stavové proměnné robotů jsou nastaveny na nulu

Na začátku každého obchodního dne:

- každý robot dostane novou jednotku k obchodování
- ostatní stavové proměnné robotů jsou vynulovány

Obchodování

Tyto operace jsou opakovány v průběhu každého obchodního dne, dokud už není prostor pro další obchod nebo se určitou dobu neobchoduje:

- všichni roboti se pohnou (pokud mohou)
- jeden aktivní robot je náhodně vybrán
 - ten si buď vybere jednoho aktivního robota jako partnera, nebo vyzkouší postupně všechny roboty, které vidí
 - pokud partner existuje a jejich vyjednávací ceny umožňují směnu, zobchodují a odejdou z trhu
 - vybraný robot a všichni roboti, které vidí a kteří mohou slyšet, upraví své „vyjednávací“ ceny



ZI-P algoritmus: Kdy upravit „vyjednávací“ ceny

Pro prodejce. Moje „vyjednávací“ cena je p_t , poslední kótovaná cena je q_t .

Pokud poslední kotace byla přijatá při ceně q_t , pak

- pokud $(p_t \leq q_t)$, pak zvyš p_{t+1} (*lze žádat víc*)
- jinak pokud byla poslední kotace poptávka a jsem aktivní, pak sniž p_{t+1} (*jinak mě přebije jiný prodejce nižší cenou*)

Pokud poslední kotace nebyla přijatá, pak

- pokud kotace byla nabídka k prodeji pokud jsem aktivní a $(p_t \geq q_t)$, pak sniž p_{t+1} (*ani já bych neprodal*)

Podobně pro kupce.



ZI-P algoritmus: Jak moc upravit „vyjednávací“ ceny

Nastav cílovou cenu τ_{t+1} tak, abys „testoval“ trh

$$\tau_{t+1} = R_{t+1} \cdot q_t + A_{t+1},$$

kde R_{t+1} a A_{t+1} jsou náhodná čísla. Když se zvyšuje cena, jsou kladná, když se snižuje, jsou záporná.

Nová „vyjednávací“ cena je

$$\Gamma_{t+1} = (1 - \gamma) \cdot \beta \cdot (\tau_{t+1} - p_t) + \gamma \cdot \Gamma_t,$$

$$p_{t+1} = p_t + \Gamma_{t+1},$$

kde $\gamma \in \langle 0, 1 \rangle$, $\beta \in \langle 0, 1 \rangle$ a počáteční moment $\Gamma_0 = 0$.

Pokud nová p_{t+1} není kvůli rezervační ceně možná, je obnovena stará hodnota p_t . Nová cena je zaokrouhlena.

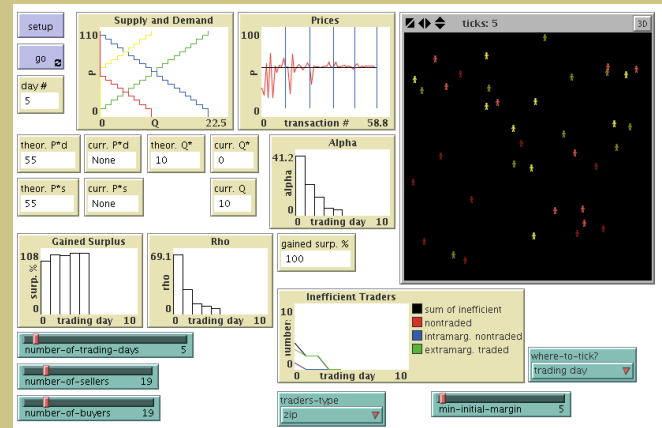
Implementace

Model byl implementován v NetLogo 4.0.2.

Data byla analyzována v Matlabu.

Webový interface modelu:

<http://www.econ.muni.cz/~qasar/marketmodel/>.



Hypotéza

Efektivnost trhu (měřená jako Smithovo α závisí na tržních institucích – klesá (α roste), pokud se vzdalujeme od CDA trhu.

$$\alpha = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P^*)^2}{n-1}}}{P^*} \cdot 100 \%$$

Ve skutečnosti je to složitější.



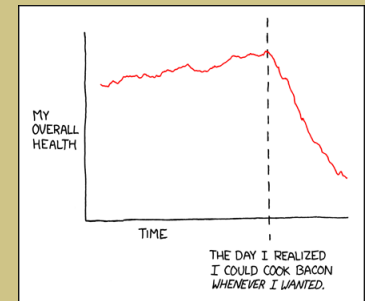
Výsledky simulací

Použité parametry:

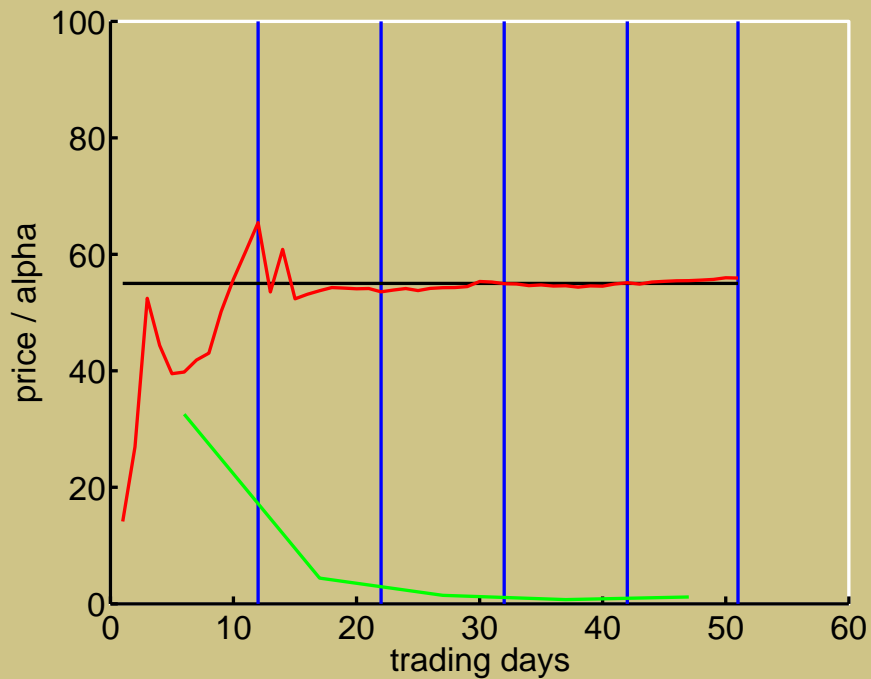
- 50 obchodních dnů
- 19 kupců, 19 prodejců, z toho 10 intramarginálních párů
- symetrické lineární křivky nabídky a poptávky s rezervačními cenami 5, 10, 15, ..., 100
- parametry ZI-P algoritmu vzaty od Cliffa (1997); náhodně generované pro každého robota
- simulováno 10× pro každou kombinaci parametrů (a `vision%` 10 %, 20 %, ..., 100 %)

Celkově tedy 80 000 pozorování.

Robustnost zatím netestována.



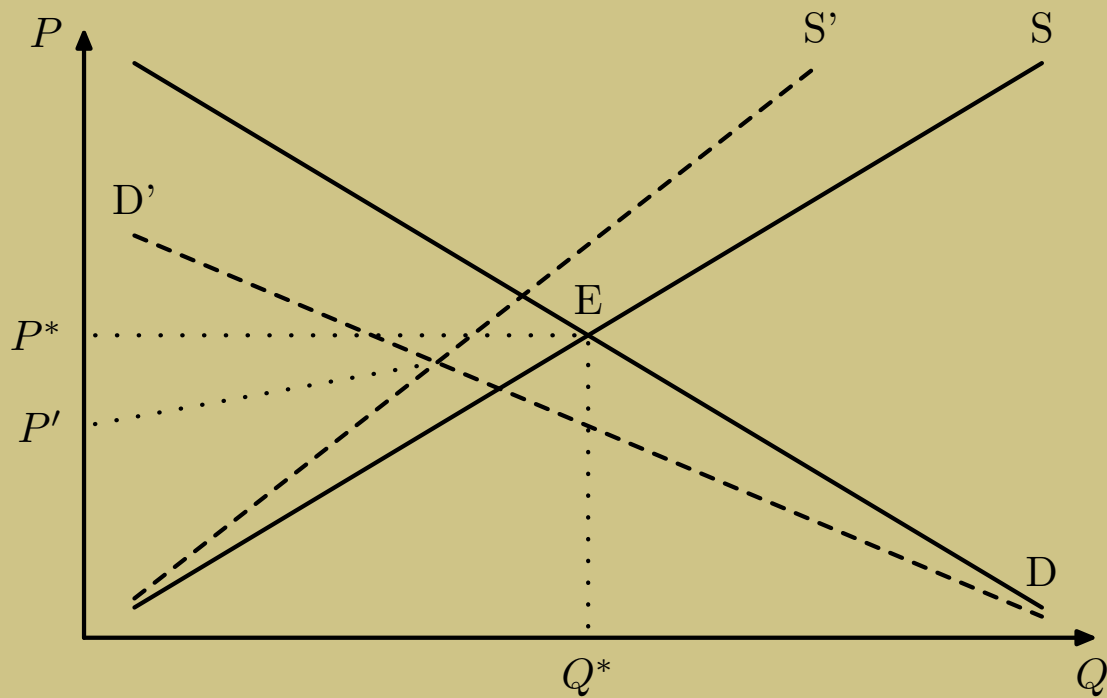
Typický vývoj cen na CDA trhu



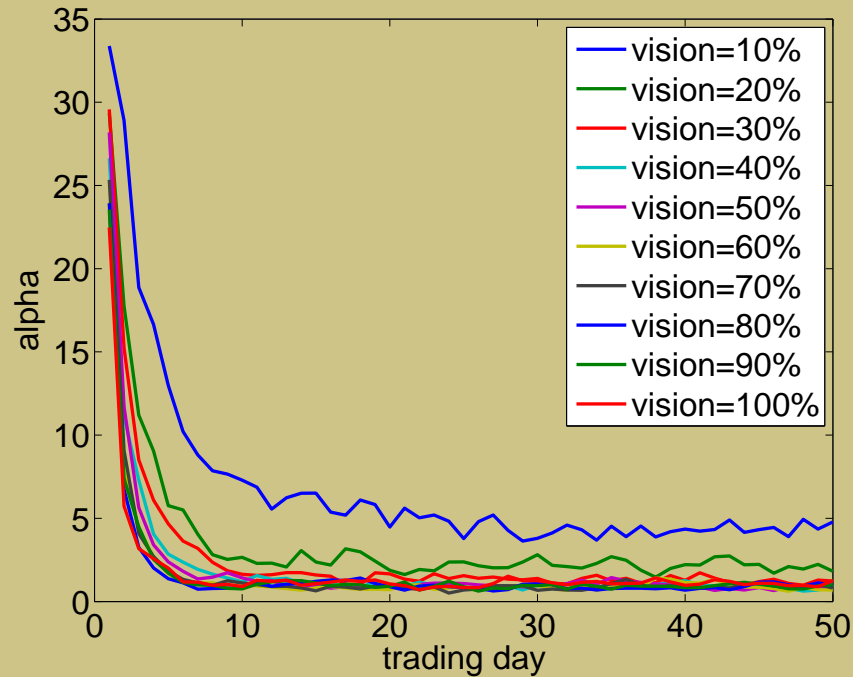
vision = 100 %, both offer, public offers, public hearing



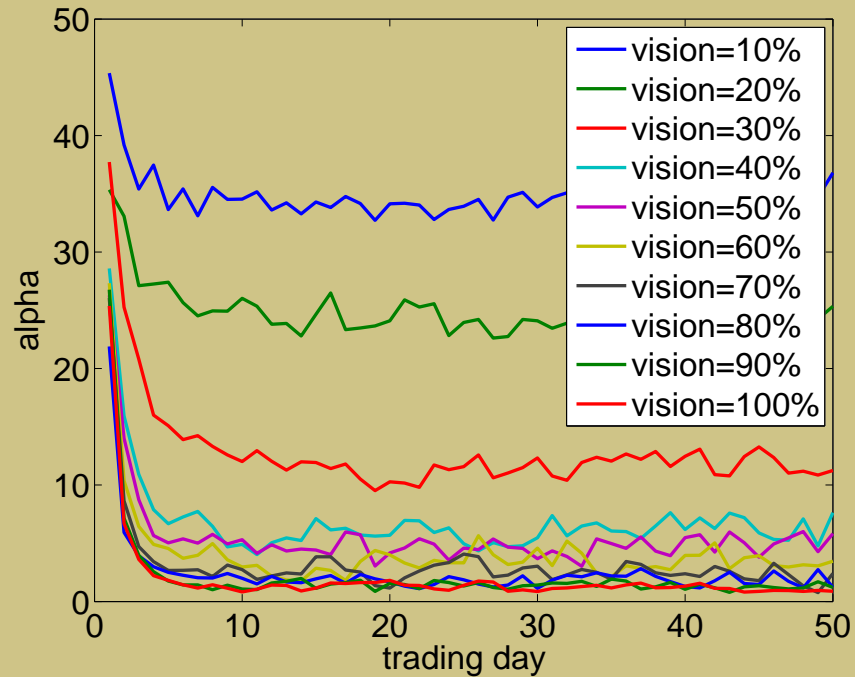
První den ceny typicky pod rovnovážnou úrovní



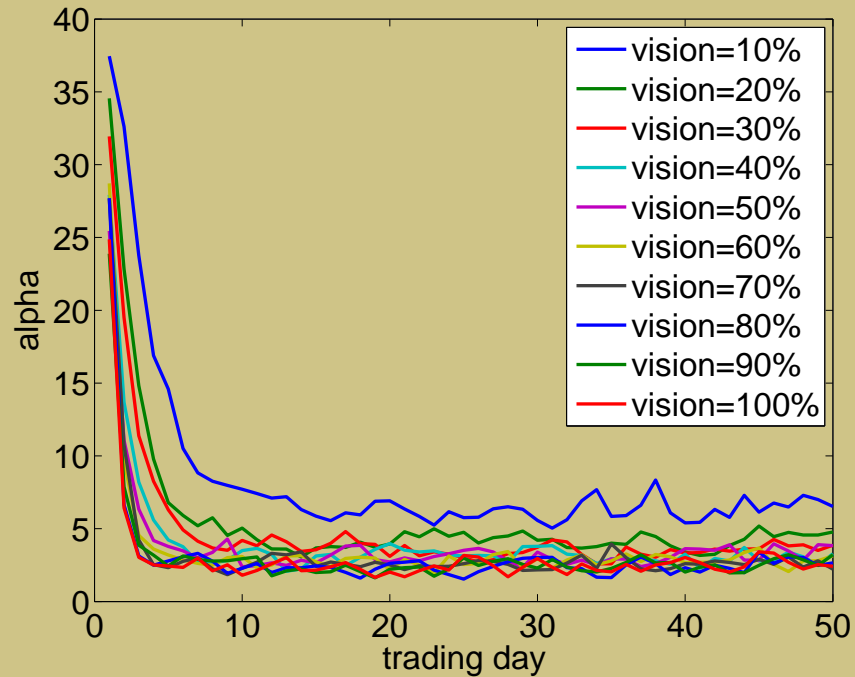
Vliv omezení „vidění“



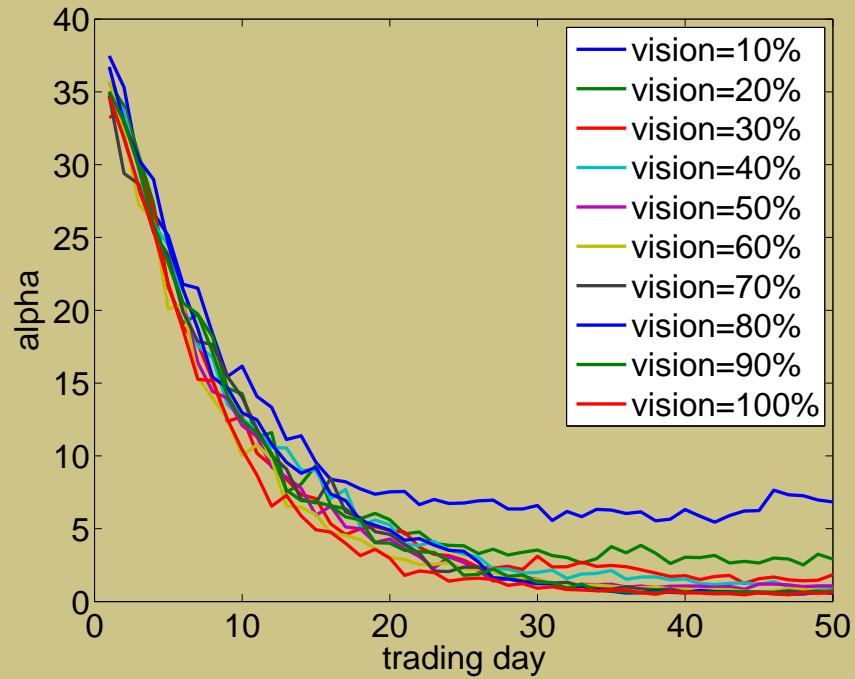
Vliv omezení „vidění“ a „chození“



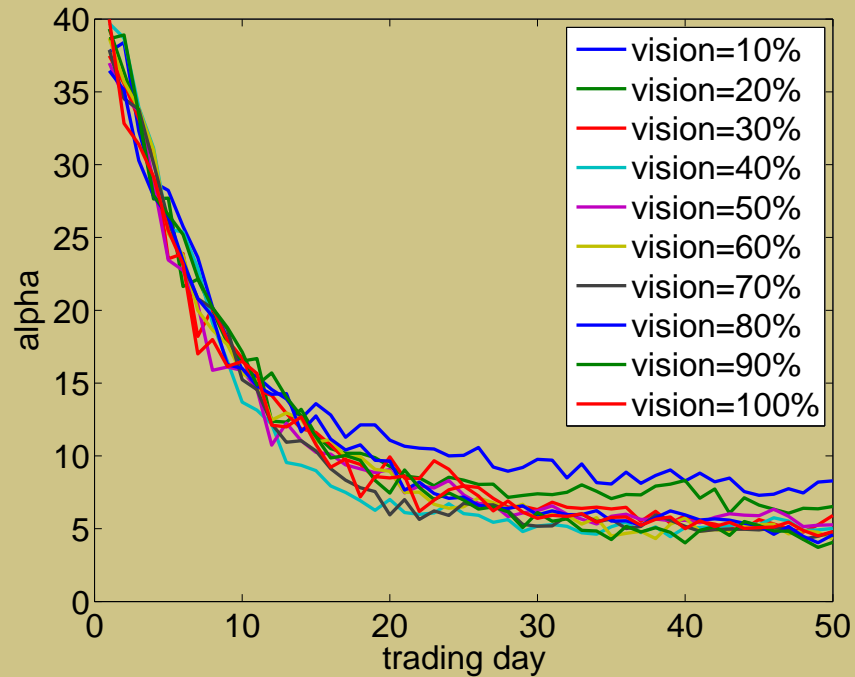
Vliv privátního nabízení



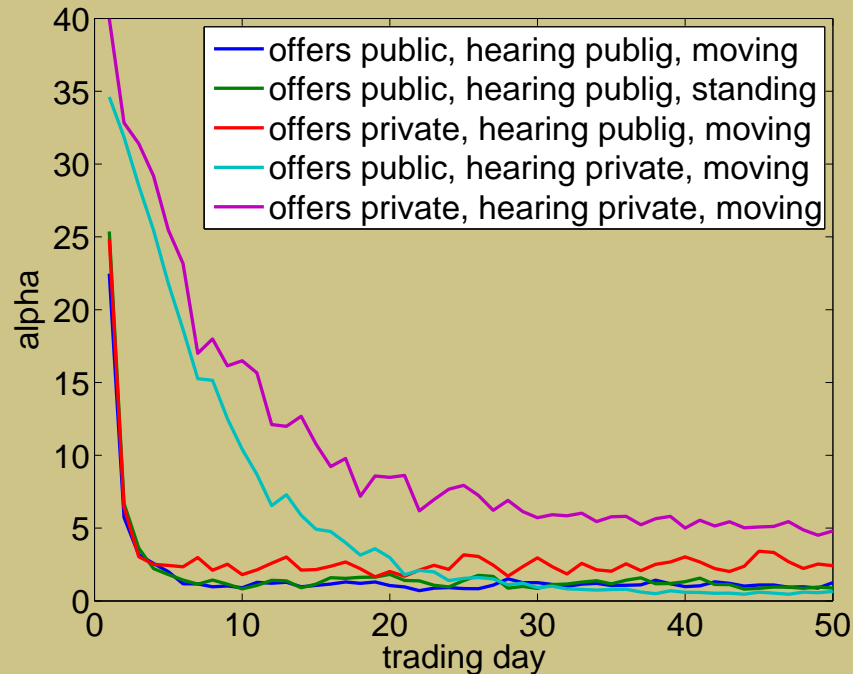
Vliv omezení „slyšení“



Vliv privátního nabízení a omezení „slyšení“



Vliv dílčích odklonů od CDA trhu



vision% = 100 %, public-offers? = true, rest variable.



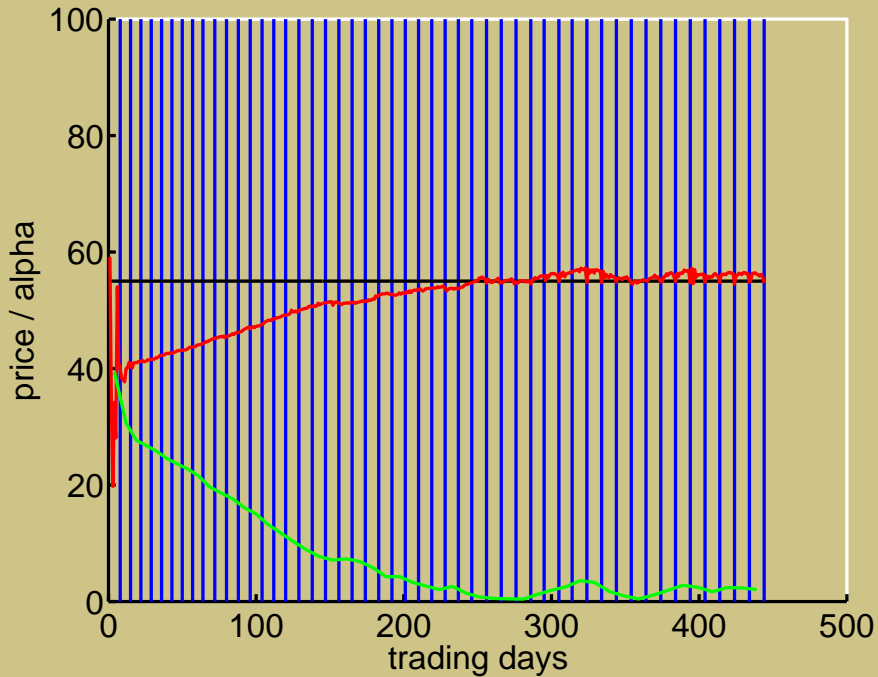
Konečná míra efektivity (alfa), když nabízí kupci i prodejci

vision%	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
T/T/T	4.43	2.19	1.24	0.87	0.78	0.88	0.92	0.96	0.94	1.08
T/F/T	6.57	2.88	1.58	1.15	1.06	0.76	0.67	0.60	0.63	0.55
F/T/T	6.50	4.28	3.70	2.96	3.47	2.86	2.64	2.60	2.60	2.59
F/F/T	7.94	6.63	5.27	5.22	5.69	4.89	4.82	5.03	4.70	5.10
T/T/F	35.19	24.54	11.71	6.42	5.13	3.52	2.16	1.80	1.24	1.01
T/F/F	35.43	30.06	20.88	13.25	9.84	7.32	4.93	1.88	1.23	0.53
F/T/F	37.26	20.84	18.37	10.64	8.11	5.69	4.59	3.13	2.95	2.84
F/F/F	35.45	29.52	24.21	20.29	13.85	9.83	9.63	6.23	5.33	4.97

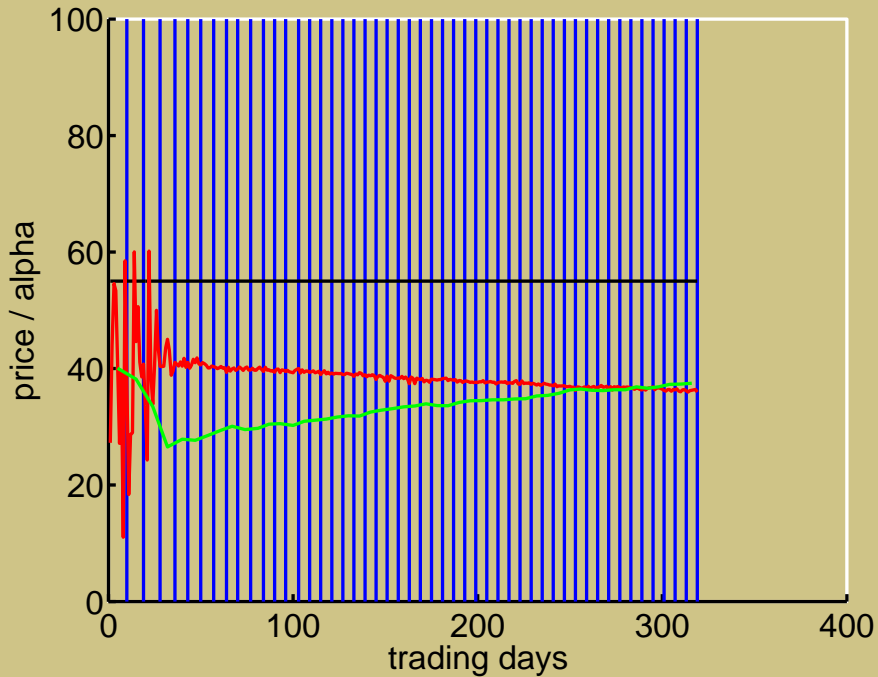
Legenda: public-offers? = T / F, public-hearing? = T / F a moving-type = T / F.



Typický vývoj cen, když nabízí jen prodejci (plné vidění)



Typický vývoj cen, když nabízí jen prodejci (omezení vidění)



Konečná míra efektivity (alfa), když nabízí jen prodejci

vision%	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
T/T/T	53.69	42.08	32.70	25.44	21.57	15.07	8.62	4.04	1.22	1.72
T/F/T	83.66	77.79	76.79	77.10	75.72	75.04	77.83	78.12	73.18	74.77
F/T/T	64.86	56.21	57.62	62.74	63.51	67.55	72.82	74.72	77.82	85.36
F/F/T	94.97	88.05	82.11	86.26	84.22	83.76	86.65	89.20	86.72	87.40
T/T/F	58.04	38.62	31.80	28.28	17.32	12.21	7.64	4.43	2.84	1.81
T/F/F	-.-	-.-	78.72	73.42	73.68	75.22	74.07	75.84	76.18	77.52
F/T/F	-.-	62.67	61.99	61.36	64.96	66.66	69.54	71.09	79.88	82.29
F/F/F	-.-	-.-	-.-	-.-	84.98	87.95	89.58	88.23	86.15	87.10

Legenda: public-offers? = T / F, public-hearing? = T / F a moving-type = T / F.



Závěry

- Relativně malá inteligence zajišťuje vysokou míru efektivity.
- Tržní instituce musejí být výrazně poškozeny, aby míra efektivity výrazněji klesla.
- Tržní instituce ovlivňují rychlost konvergence cen.
- Ovlivňují i konečnou efektivity, ale méně.
- CDA nemusí být z hlediska konečné α nejefektivnější instituce – možná v cenách vznikají „bubliny“.
- ZI-P algoritmus se nehodí pro trhy, kde nabízí jen jedna strana.

Relevance pro reálné trhy

Reálné trhy s mnohem chytřejšími obchodníky by měly být minimálně stejně efektivní, možná víc.

Existuje prostor pro „bubliny“ v cenách.

Nevylučuje další bubliny v tvorbě rezervačních cen.



Děkuji za vaši laskavou pozornost.

Nějaké otázky či komentáře?

Michal Kvasnička, qasar@econ.muni.cz

<http://www.econ.muni.cz/~qasar/marketmodel/>

