

Modelowanie Internetu

Projekt

Zadanie 1.

Implementacja algorytmów dla problemów związanych z ukrytymi modelami Markowa.

1. Koncepcja zastosowania modelu HMM

Definiowanie hossy (bull market) oraz bessy (bear market) na giełdzie papierów wartościowych.

Hossa - związany jest z długotrwałą dominacją popytu; długoterminowy wzrost kursu giełdowego papierów wartościowych lub towarów

Bessa - związany jest z długotrwałą dominacją podaży; długoterminowy spadek kursu giełdowego papierów wartościowych lub towarów

Mając do dyspozycji: (dane przykładowe ze źródła [2])

- Tabelę prawdopodobieństw wystąpienia po sobie hossy i bessy

	Bessa	Hossa
Bessa	0,7	0,3
Hossa	0,42	0,58

- Tabelę prawdopodobieństw wystąpienia hossy lub bessy po zmianie wartości indeksu giełdowego

	Down	Up	Unchanged
Bessa	0,8	0,15	0,05
Hossa	0,25	0,65	0,1

- Tabelę prawdopodobieństw stanu początkowego

Bessa	Hossa
0,5	0,5

- Ciąg obserwacji zmian wartości papierów wartościowych pewnej spółki giełdowej

Np. { Down, Down, Down, Down, Down, Down }

Chciałbym określić występowanie hossy oraz bessy w obserwowanym okresie, co może dać nam podstawę do analizy zachowania spółki/spółek na giełdzie oraz do ryzyka inwestowania w dalszym okresie.

Dla powyższego przykładu, spodziewam się, że w całym obserwowanym okresie występowała Bessa, a więc jako inwestorzy, którzy boją się podjąć dalszego ryzyka i strat, powinno się naszych akcji lub/oraz ich nie kupować.

Przedstawiona koncepcja powinna również być ciekawa w przypadku testów, gdyż problematykę hossy oraz bessy należy rozważać w szerokim okresie obserwacji, biorąc pod uwagę wszystkie zebrane obserwacje. Czyli realizacja problemu przy pomocy algorytmu Viterbi powinna okazać się bliższa rzeczywistości.

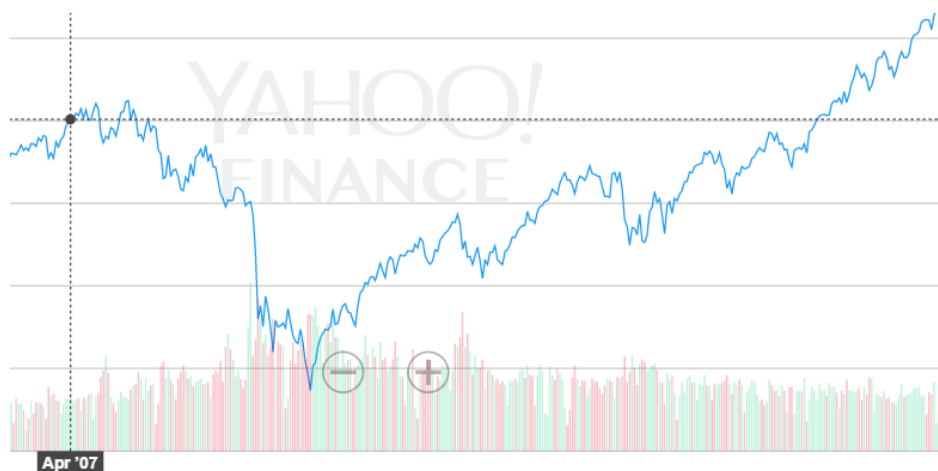
Należy jednak zauważyć, że pojęcie hossy oraz bessy, a szczególnie jednoznacznego określenia ich granic jest tematem bardzo trudnym. Wyniki zależą od

szerokości obserwowanego przedziału. Stąd też wynika trudność w porównaniu otrzymanych wyników z prawdziwymi.



Rysunek 1.1. Określenie Hossy i Bessy dla na giełdzie [4]

W realizowanym projekcie chciałbym zbadać jakie wyniki otrzymam dla gwałtownego spadku cen papierów wartościowych na giełdzie S&P 500, który rozpoczął się w październiku 2007 roku. Dla uproszczenia przyjąłem powyższe tabele prawdopodobieństwa stanów przejścia hossy/bessy oraz prawdopodobieństwa wzrostu/spadku wyników na giełdzie.



Rysunek 1.2. Wyniki S&P 500 od 04.2007 do 04.2013

2. Implementacja algorytmów.

Podczas projektu zaimplementowałem dwa algorytmy - *Forward-Backward* oraz *Viterbi*.

Do implementacji użyłem języka C#.

Algorytmy znajdują się odpowiednio w plikach *ForwardBackward.cs* oraz *Viterbi.cs* w rozwiązaniu HMM. Są one wywoływane w pliku *Program.cs*, gdzie definiuje się wartości początkowe dla obydwu wywołań.

3. Testy

W celu sprawdzenia poprawności obu algorytmów zaimplementowałem testy, które znajdują się w plikach *ForwardBackwardTests.cs* oraz *ViterbiTests.cs*. Dane dla testów sprawdzających poprawność zostały zaczerpnięte ze źródeł [3], [4] oraz *sanjose-HMM.pdf*

Po potwierdzeniu prawidłowego działania algorytmu, rozpocząłem analizę problemu przedstawionego w 1. punkcie.

Według informacji znalezionych w internecie ([7], [8]), zakłada się, że *bessa* na amerykańskiej giełdzie S&P500 zaczęła się na początku października 2007 roku oraz trwała do początku marca 2009 roku. Należy zaznaczyć, że *hossa* oraz *bessa* dla takich okresów, jest wyznaczana biorąc pod uwagę wyniki kwartalne.

Do testów użyłem wartości notowań S&P 500 o podanej specyfikacji [6].

Częstotliwość:	Kwartalna
Metoda agregacji:	Średnia
Jednostka:	Indeks
Przedział:	2007-05-04 do 2013-04-05
Ostatnia aktualizacja:	2017-05-04 7:46 PM CDT
Dane znajdują się w pliku <i>SP500_quarterly.xls</i> .	

Dla potrzeby testów, na podstawie obserwacji stworzyłem listę dla rozpatrywanych danych, złożoną z wartości {Down, Up, Unchanged}, które w programie odpowiednio są oznaczone jako {0. 1. 2}.

Unchanged – wartość indeksu zmieniła się o maksymalnie 0,5

Up – wartość indeksu wzrosła o więcej niż 0,5

Down – wartość indeksu spadła o więcej niż 0,5

W arkuszach z rezultatami oraz w tabelach, jest ona tytułowana jako *Change*.

Dla opisanych wyżej danych uzyskano następujące wyniki dla obu algorytmów:

Date	Value	Change	Forward Backward Algorithm Results	Viterbi Algorithm Results
2007-07-01	1526,75	Up	Hossa	Hossa
2007-10-01	1468,36	Down	Bessa	Bessa
2008-01-01	1322,70	Down	Bessa	Bessa
2008-04-01	1280,00	Down	Bessa	Bessa
2008-07-01	1166,36	Down	Bessa	Bessa
2008-10-01	903,25	Down	Bessa	Bessa
2009-01-01	797,87	Down	Bessa	Bessa
2009-04-01	919,32	Up	Hossa	Hossa
2009-07-01	1057,08	Up	Hossa	Hossa
2009-10-01	1115,10	Up	Hossa	Hossa
2010-01-01	1169,43	Up	Hossa	Hossa
2010-04-01	1030,71	Down	Bessa	Bessa
2010-07-01	1141,20	Up	Hossa	Hossa
2010-10-01	1257,64	Up	Hossa	Hossa
2011-01-01	1325,83	Up	Hossa	Hossa
2011-04-01	1320,64	Down	Bessa	Bessa
2011-07-01	1131,42	Down	Bessa	Bessa
2011-10-01	1257,60	Up	Hossa	Hossa
2012-01-01	1408,47	Up	Hossa	Hossa
2012-04-01	1362,16	Down	Bessa	Bessa
2012-07-01	1440,67	Up	Hossa	Hossa
2012-10-01	1426,19	Down	Bessa	Bessa
2013-01-01	1569,19	Up	Hossa	Hossa
2013-04-01	1606,28	Up	Hossa	Hossa

Tabela 3.1. Przedstawiająca rezultaty algorytmów dla S&P500
Results_quarterly_before_change_probabilities.xlsx

Widać, że algorytm Forward Backward, jak i Viterbi, poprawnie zlokalizował miesiąc, w którym, według danych znalezionych w internecie, wskaźnik S&P500 notował bessę oraz hossę.

Jednak ten test pokazał, że dla wprowadzonych tabeli prawdopodobieństw stanów w zależności od obserwacji, obydwa algorytmy zachowują się identycznie.

Powyższy test wykazał, że silne prawdopodobieństwo wystąpienia bessy, w przypadku spadku wartości indeksu oraz hossy, w przypadku jego wzrostu, powoduje lokalne (jednookresowe) wahania hossy oraz bessy.

Nieco zmodyfikowałem tabelę prawdopodobieństw wystąpienia hossy oraz bessy po zmianie wartości indeksu giełdowego.

Z:

	Down	Up	Unchanged
Bessa	0,8	0,15	0,05
Hossa	0,25	0,65	0,1

Na:

	Down	Up	Unchanged
Bessa	0,7	0,25	0,05
Hossa	0,3	0,6	0,1

Zmiana może być potwierdzona również faktem, iż znalezione dane dotyczyły spółki giełdowej Yahoo, dla której, być może rzeczywiście, spadek wartości indeksu, mógł z bardzo dużym prawdopodobieństwem oznaczać Bessę.

Dla zmienionych wartości prawdopodobieństwa uzyskano następujące wyniki:

Date	Value	Change	Forward Backward Algorithm Results	Viterbi Algorithm Results
2007-07-01	1526,75	Up	Hossa	Hossa
2007-10-01	1468,36	Down	Bessa	Bessa
2008-01-01	1322,70	Down	Bessa	Bessa
2008-04-01	1280,00	Down	Bessa	Bessa
2008-07-01	1166,36	Down	Bessa	Bessa
2008-10-01	903,25	Down	Bessa	Bessa
2009-01-01	797,87	Down	Bessa	Bessa
2009-04-01	919,32	Up	Hossa	Hossa
2009-07-01	1057,08	Up	Hossa	Hossa
2009-10-01	1115,10	Up	Hossa	Hossa
2010-01-01	1169,43	Up	Hossa	Hossa
2010-04-01	1030,71	Down	Bessa	Hossa
2010-07-01	1141,20	Up	Hossa	Hossa
2010-10-01	1257,64	Up	Hossa	Hossa
2011-01-01	1325,83	Up	Hossa	Hossa
2011-04-01	1320,64	Down	Bessa	Bessa
2011-07-01	1131,42	Down	Bessa	Bessa
2011-10-01	1257,60	Up	Hossa	Hossa
2012-01-01	1408,47	Up	Hossa	Hossa
2012-04-01	1362,16	Down	Bessa	Bessa
2012-07-01	1440,67	Up	Hossa	Bessa
2012-10-01	1426,19	Down	Bessa	Bessa
2013-01-01	1569,19	Up	Hossa	Hossa
2013-04-01	1606,28	Up	Hossa	Hossa

Tabela 3.1. Przedstawiająca rezultaty algorytmów dla S&P500
Results_quarterly_after_change_probabilities.xlsx

Widać, że zgodnie z wcześniejszymi założeniami, algorytm Viterbi, nie wykrył jednookresowych zmian. Dla 2010-04-01 oraz dla 2012-07-01 algorytm Forward Backward uzyskał rezultat najlepszy dla aktualnej obserwacji.

Po analizie powyższych wyników można wnioskować, że algorytm Viterbi wraz z wykorzystanymi tabelami prawdopodobieństwa, jest bardziej adekwatny do analizowanego problemu. Jako inwestorów/analitików mogą nas nie interesować pojedyncze (jednookresowe) wahania bessy oraz hossy.

Jednak, aby pokazać, że w przypadku działania algorytmu Viterbi, znaczące dla wyznaczania ukrytych stanów są wszystkie obserwacje, przeprowadziłem następujące testy.

Date	Value	Change	Forward Backward Algorithm Results	Viterbi Algorithm Results
2007-07-01	1526,75	Up	Hossa	Hossa
2007-10-01	1468,36	Down	Bessa	Bessa
2008-01-01	1322,7	Down	Bessa	Bessa
2008-04-01	1280	Down	Bessa	Bessa
2008-07-01	1166,36	Down	Bessa	Bessa
2008-10-01	903,25	Down	Bessa	Bessa
2009-01-01	797,87	Down	Bessa	Bessa
2009-04-01	919,32	Up	Hossa	Hossa
2009-07-01	1057,08	Up	Hossa	Hossa
2009-10-01	1115,1	Up	Hossa	Hossa
2010-01-01	1169,43	Up	Hossa	Hossa
2010-04-01	1030,71	Down	Bessa	Bessa

Tabela 3.2. Przedstawiająca rezultaty algorytmów dla S&P500
AlgResults_quarterly_to_20100401.xlsx

Date	Value	Change	Forward Backward Algorithm Results	Viterbi Algorithm Results
2007-07-01	1526,75	Up	Hossa	Hossa
2007-10-01	1468,36	Down	Bessa	Bessa
2008-01-01	1322,7	Down	Bessa	Bessa
2008-04-01	1280	Down	Bessa	Bessa
2008-07-01	1166,36	Down	Bessa	Bessa
2008-10-01	903,25	Down	Bessa	Bessa
2009-01-01	797,87	Down	Bessa	Bessa
2009-04-01	919,32	Up	Hossa	Hossa
2009-07-01	1057,08	Up	Hossa	Hossa
2009-10-01	1115,1	Up	Hossa	Hossa
2010-01-01	1169,43	Up	Hossa	Hossa
2010-04-01	1030,71	Down	Bessa	Hossa
2010-07-01	1141,2	Up	Hossa	Hossa

Tabela 3.3. Przedstawiająca rezultaty algorytmów dla S&P500
AlgResults_quarterly_to_20100701.xlsx

Powyższe tabele ukazują, jak znacząca dla wyniku Viterbi jest obserwacja z 2010-07-01. Wystąpienie hossy (2010-07-01) po hossie (2010-04-01) zwiększa prawdopodobieństwo uzyskania otrzymanego ciągu stanów, w przeciwieństwie do wyników przedstawionych w tabeli 3.2., gdzie dla 2010-04-01 otrzymano bessę, gdyż brak kolejnych obserwacji nie modyfikował otrzymanej najlepszej wartości prawdopodobieństwa ciągu stanów.

Wiedząc już, jakich zachowań można oczekiwać, zdecydowałem się sprawdzić działania algorytmów dla bardziej szczegółowego okresu kryzysu indeksu giełdowego S&P500.

Data	Wartość indeksu	Zmiana	Forward Backward Algorithm Results	Viterbi Algorithm Results
2008-04-25	1386,14	Up	Hossa	Hossa
2008-05-02	1399,23	Up	Hossa	Hossa
2008-05-09	1400,86	Up	Hossa	Hossa
2008-05-16	1412,84	Up	Hossa	Hossa
2008-05-23	1400,20	Down	Bessa	Bessa
2008-05-30	1393,71	Down	Bessa	Bessa
2008-06-06	1381,05	Down	Bessa	Bessa
2008-06-13	1351,12	Down	Bessa	Bessa
2008-06-20	1341,93	Down	Bessa	Bessa
2008-06-27	1303,16	Down	Bessa	Bessa
2008-07-04	1272,33	Down	Bessa	Bessa
2008-07-11	1252,72	Down	Bessa	Bessa
2008-07-18	1241,91	Down	Bessa	Bessa
2008-07-25	1265,90	Up	Hossa	Bessa
2008-08-01	1261,90	Down	Bessa	Bessa
2008-08-08	1277,09	Up	Hossa	Hossa
2008-08-15	1294,37	Up	Hossa	Hossa
2008-08-22	1277,95	Down	Bessa	Bessa
2008-08-29	1280,70	Up	Hossa	Bessa
2008-09-05	1257,93	Down	Bessa	Bessa
2008-09-12	1245,02	Down	Bessa	Bessa
2008-09-19	1204,85	Down	Bessa	Bessa
2008-09-26	1200,67	Down	Bessa	Bessa
2008-10-03	1129,46	Down	Bessa	Bessa
2008-10-10	969,44	Down	Bessa	Bessa
2008-10-17	959,24	Down	Bessa	Bessa
2008-10-24	924,42	Down	Bessa	Bessa
2008-10-31	928,47	Up	Hossa	Hossa
2008-11-07	952,14	Up	Hossa	Hossa
2008-11-14	891,01	Down	Bessa	Bessa
2008-11-21	813,78	Down	Bessa	Bessa
2008-11-28	873,28	Up	Hossa	Bessa
2008-12-05	851,41	Down	Bessa	Bessa
2008-12-12	890,19	Up	Hossa	Hossa
2008-12-19	891,87	Up	Hossa	Hossa
2008-12-26	868,94	Down	Bessa	Hossa
2009-01-02	898,78	Up	Hossa	Hossa
2009-01-09	913,78	Up	Hossa	Hossa
2009-01-16	855,71	Down	Bessa	Bessa
2009-01-23	826,23	Down	Bessa	Bessa
2009-01-30	845,48	Up	Hossa	Bessa
2009-02-06	842,13	Down	Bessa	Bessa
2009-02-13	838,56	Down	Bessa	Bessa
2009-02-20	781,65	Down	Bessa	Bessa
2009-02-27	753,86	Down	Bessa	Bessa
2009-03-06	695,19	Down	Bessa	Bessa
2009-03-13	724,96	Up	Hossa	Hossa
2009-03-20	775,79	Up	Hossa	Hossa
2009-03-27	818,34	Up	Hossa	Hossa
2009-04-03	814,67	Down	Bessa	Hossa
2009-04-10	833,19	Up	Hossa	Hossa
2009-04-17	857,44	Up	Hossa	Hossa
2009-04-24	848,83	Down	Bessa	Hossa
2009-05-01	867,33	Up	Hossa	Hossa
2009-05-08	913,44	Up	Hossa	Hossa
2009-05-15	895,49	Down	Bessa	Hossa
2009-05-22	899,33	Up	Hossa	Hossa
2009-05-29	907,34	Up	Hossa	Hossa
2009-06-05	940,38	Up	Hossa	Hossa
2009-06-12	942,36	Up	Hossa	Hossa

Tabela 3.1. Przedstawiająca rezultaty algorytmów dla S&P500
Results_weekly_after_change_probabilities.xlsx

Powyższe wyniki potwierdzają, iż rezultaty algorytmu Viterbi, są bardziej odporne na jednookresowe wahania wartości indeksu i nie zmieniają trendu hossy/bessy na jeden tydzień. Oczywiście analiza ta zależy od tego jak bardzo szczegółowo chcemy badać zmianę rynku, jednak jednotygodniowe lub, tym bardziej, jednodniowe okresy hossy/bessy są sprzeczne z definicją. Stąd też przeprowadzone testy pokazują, że dla zmodyfikowanej tabeli prawdopodobieństw wystąpienia hossy lub bessy po zmianie wartości indeksu giełdowego, rezultaty otrzymane przy wykorzystaniu algorytmu Viterbiego zdają się być, bliższe rzeczywistości.

4. Literatura (data dostępu kwiecień 2017)

1. http://inwestycje-gieldowe.pl/hossa_i_bessa,strony,13,74,69.php
2. <https://codefying.com/2016/09/15/a-tutorial-on-hidden-markov-model-with-a-stock-price-example/>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Viterbi_algorithm
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Forward%E2%80%93backward_algorithm
5. <http://www.tradersnarrative.com/does-a-bull-market-need-financial-stocks-leadership-1743.html>
6. <https://fred.stlouisfed.org/series/SP500/downloaddata>
7. http://www.nbcnews.com/id/37740147/ns/business-stocks_and_economy/t/historic-bear-markets/#.WQ2oIXygl
8. https://en.wikipedia.org/wiki/United_States_bear_market_of_2007%E2%80%9309

5. Źródła

- <https://github.com/Blasius93/HMM>