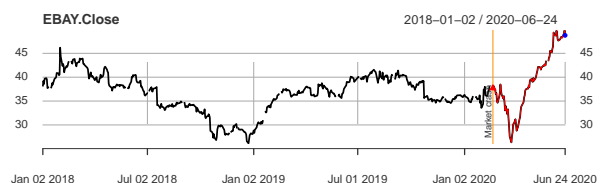
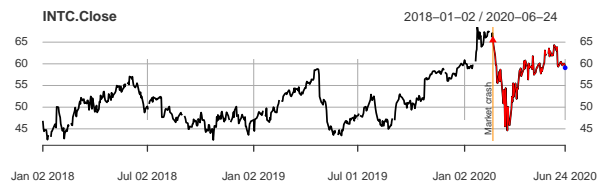


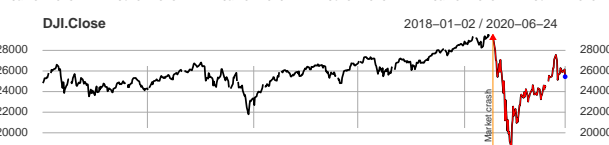
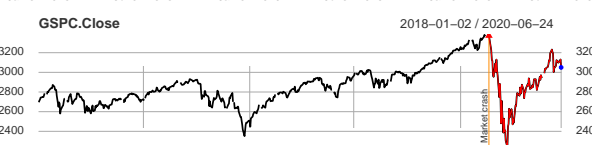
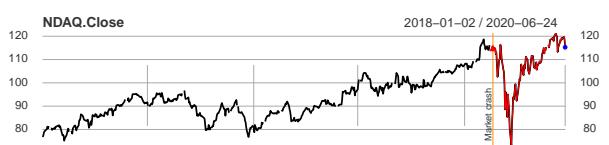
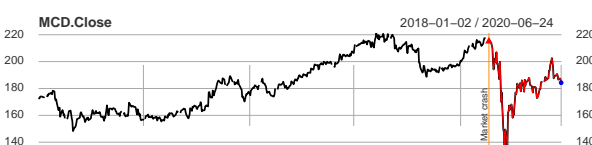
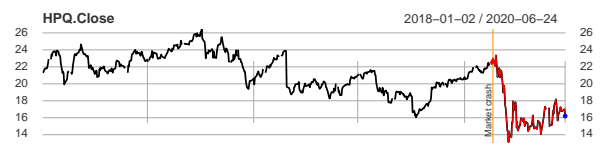
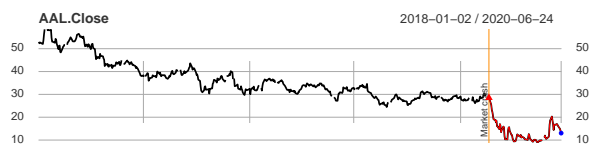
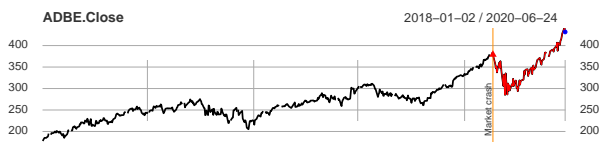
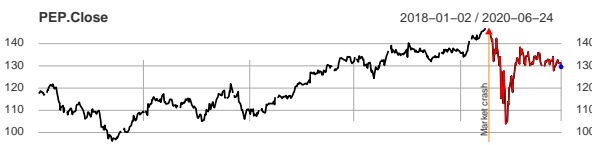
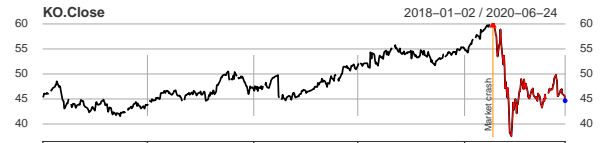
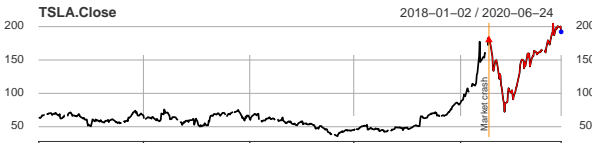
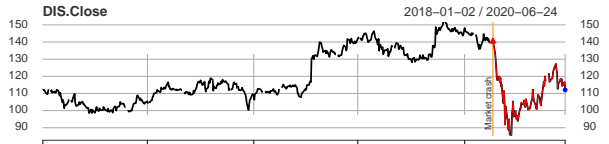
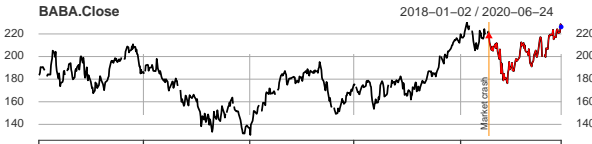
Finansų ekonometrijos modeliai: Namų darbų užduotys

Andrius Buteikis

Uždavinių motyvacija

2020 m. akcijų rinkos kritimas prasidėjo 2020 m. vasario 20 d., nes investuotojai buvo sunerimę dėl COVID-19 epidemijos pasekmių. Šie investuotojų lūkesčiai aiškiai atsispindi vertybinių popierių biržose prekiaujamų akcijų uždarymo kainose:





Paleiskite žemiau pateiktą kodą naudodami savo studento kodą vietoje STUDENT_CODE:

```
set.seed(STUDENT_CODE) # Pakeisti savo studento kodu
#
symbols_stocks <- c("NVDA", "INTC", "AMD", "FB", "AAPL", "MSFT",
                  "IBM", "TWTR", "NFLX", "GOOGL", "AMZN", "EBAY", "BABA",
                  "DIS", "TSLA", "KO", "PEP", "ADBE",
                  "AAL", "HPQ", "MCD", "NDAQ")
symbols_indexes <- c("^GSPC", "^DJI", "^FTSE", "^GDAXI", "^IXIC")
my_symbols <- c(sample(symbols_stocks, 1), sample(symbols_indexes, 1))
#
library(quantmod)
for(var_names in my_symbols){
  # Get the symbol:
  getSymbols(var_names, auto.assign = TRUE,
            src = "yahoo",
            from = "2018-01-01",
            to = "2020-06-25")
  # Automatically remove missing data from the variable:
  assign(gsub("\\^", "", var_names), na.omit(get(gsub("\\^", "", var_names))))
}
print(paste0("Simboliai: ", sub("\\^", "", my_symbols)))
```

Pagal nurodytą studento kodą - gausite dviejų tipų finansinius simbolius:

Įmonių akcijų simbolių reikšmės

SIMBOLIS	FIRMA
NVDA	NVIDIA Corporation
INTC	Intel Corporation
AMD	Advanced Micro Devices, Inc.
FB	Facebook, Inc. Common Stock
AAPL	Apple Inc.
MSFT	Microsoft Corporation
IBM	IBM Common Stock
TWTR	Twitter Inc.
NFLX	Netflix Inc.
GOOGL	Alphabet Inc Class A
AMZN	Amazon.com, Inc.
EBAY	eBay Inc.
BABA	Alibaba Group Holding Ltd - ADR
DIS	Walt Disney Co.
TSLA	Tesla Inc.
KO	Coca-Cola Co.
PEP	PepsiCo, Inc.
ADBE	Adobe Inc.
AAL	American Airlines Group Inc.
HPQ	HP Inc.
MCD	McDonald's Corp.
NDAQ	Nasdaq Inc.

Akcijų indeksų simbolių reikšmės

SIMBOLIS	Indeksas
\hat{GSPC}	S&P 500
\hat{DJI}	Dow Jones Industrial Average
\hat{FTSE}	FTSE 100
\hat{GDAXI}	DAX PERFORMANCE-INDEX
\hat{IXIC}	NASDAQ Composite

Daugiau apie indeksus galite pasiskaityti: [Wiki LT](#), [Wiki EN #1](#) [Wiki EN #2](#).

Užduotys

Atlikite žemiau nurodytas užduotis pasinaudodami jums priskirtos firmos akcijų verte ir akcijų indekso verte. Jeigu sąlygose nenurodyta kitaip - laikykite, kad turimų dienų laikas yra nuoseklus (t.y. ignoruokite nedarbo dienas) ir, kad

- $P_t^{(F)}$ - nagrinėjamos įmonės akcijų uždarymo kaina laiko momentu t ,
- $P_t^{(I)}$ - akcijų indekso uždarymo kaina laiko momentu t ;

Laikykite, kad nurodytos kainos yra pateiktos ta pačia valiuta (pvz. \$).

Namų darbai Nr. 1 (Atlikti iki: 2020-10-05)

1. Pasinaudoję įmonės akcijų ir akcijų indekso simbolių [uždarymo kainomis](#) apskaičiuokite paprastąsias grąžas ir išbrėžkite jų laiko eilučių grafikus.
2. Išreikškite paprastąsias grąžas logaritmuota ir log-procentine išraiška. Šioms išraiškoms apskaičiuokite:
 - paprastąjį vidurkį,
 - standartinį nuokrypį,
 - asimetrijos koeficientą (*angl.* skewness),
 - ekscesą (*angl.* excess kurtosis).
3. Ar logaritmuotų grąžų vidurkis statistiškai reikšmingai nesiskiria nuo nulio? Užrašykite ir patiktinkite šią nulinę hipotezę. Ką gauti testo rezultatai pasako apie tiriamas grąžas?
4. Ar logaritmuotų grąžų asimetrijos koeficientas statistiškai reikšmingai nesiskiria nuo nulio? Užrašykite ir patiktinkite šią nulinę hipotezę. Ką gauti testo rezultatai pasako apie tiriamas grąžas?
5. Ar logaritmuotų grąžų eksceso koeficientas statistiškai reikšmingai nesiskiria nuo nulio? Užrašykite ir patiktinkite šią nulinę hipotezę. Ką gauti testo rezultatai pasako apie tiriamas grąžas?

Priminimas: Visas užduotis atlikite naudodami individualiai priskirtus įmonės akcijų ir akcijų indekso simbolius.

Namų darbai Nr. 2 (Atlikti iki: 2020-10-26)

Pastaba: Atlikdami užduotis naudokite individualiai priskirtų įmonės akcijų ir akcijų indekso logaritmines gražas. Sąlygose logaritminės gražos žymimo r_t .

ARCH modelių vertinimui galite naudoti rugarch paketą. Atkreipkite dėmesį į ugarchspec dokumentaciją.

0. Atskirai susikurkite kintamąjį, kuriame būtų duomenų imtis iki 2020-02-20. Toliau naudokite šią imtį.
1. Išbrėžkite ACF grafiką pirmiesiems 100 lagų:
 - logaritminėms gražoms r_t ;
 - $|r_t|^\delta$, kai $\delta = 1$;
 - $|r_t|^\delta$, kai $\delta = 2$.
2. Remdamiesi prieš tai atlikta užduotimi atsakykite:
 - Ar nagrinėjamos logaritminės gražoms būdinga ilga atmintis?
 - Ar Taylor'o efektas pastebimas nagrinėjamos logaritminės gražoms?
 - Bendru atveju - kas yra Taylor'o efektas?
3. r_t sudarykite ir įvertinkite ARMA(P, Q) modelį. Apskaičiuokite modelio liekanas $\hat{a}_t = r_t - \hat{\mu}_t$, kur $\hat{\mu}_t$ yra jūsų įvertintas modelis.
4. Patikrinkite, ar r_t pasižymi ARCH efektu, t.y. ar liekanoms \hat{a}_t būdingas sąlyginis heteroskedastiškumas? Ar šios išvados ką nors pasako apie 3 užduotyje sudaryto modelio koeficientų įverčių savybes?
5. r_t sudarykite ARCH(p), $p > 0$ modelį:

$$\begin{cases} r_t &= c + \epsilon_t \\ \epsilon_t &= \sigma_t z_t \\ \sigma_t^2 &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \epsilon_{t-i}^2, \end{cases}$$

kur c - konstanta. Atsakykite į šiuos klausimus:

- Kaip parinkote eilę p ?
 - Ištikrinkite modelio liekanas - ar jos autokoreliuotos?
 - Ar šio modelio liekanoms būdingi ARCH efektai?
 - Remiantis '3' užduoties rezultatais atsakykite - ar šioje užduotyje nurodytą r_t vidurkio lygtį laikytumėte adekvačia/tinkama?
 - Remiantis '4' užduoties rezultatais atsakykite - ar iš viso reikėjo vertinti ARCH modelį, t.y. gal nagrinėtoms r_t tinkamiausias būtų ARCH(0)?
6. Remdamiesi 3 ir 5 užduotimi:
 - Sudarykite adekvatų ARMA(P, Q) – ARCH(p) modelį, kur $P \geq 0$, $Q \geq 0$, $p \geq 0$ (priminimas: šioje lygtyje ARMA(P, Q) atitinka vidurkio lygtį, o ARCH(p) atitinka dispersijos lygtį).
 - Patikrinkite modelio liekanų autokoreliaciją ir ARCH efektų savybes.
 - Ar remiantis liekanų analize galima teigti, kad šis modelis geresnis, lyginant su 3 ir 5 užduotyse sudarytais modeliais?
 - Užrašykite įvertinto modelio vidurkio ir dispersijos lygčių sistemą.

Namų darbai Nr. 3 (Atlikti iki: 2020-12-03)

Pastaba 1: Naudokite [rugarch](#) paketą. Atkreipkite dėmesį į [ugarchspec](#) dokumentaciją.

Pastaba 2: Naudokite duomenų imtį iki 2020-02-20.

Prieš atliekant toliau pateiktas užduotis apibendrinkite antrųjų namų darbų 3 ir 4 užduoties rezultatus

- Pasinaudokite `auto.arima` funkcija ir sudarykite $ARMA(P, Q)$, $P \geq 0$, $Q \geq 0$ modelį gražoms r_t .
- Patikrinkite, ar modelio liekanoms galioja ARCH efektai. Tai padarykite abiemis simboliams.

Šiuos rezultatus jau gavote antrųjų namų darbų 3 ir 4 užduotyse - jie reikalingi atsakant šių namų darbų sąlygose pateiktus klausimus, tad patogiau juos susisteminti tame pačiame faile, prieš atliekant tolimesnes užduotis.

1. Tarkime, kad bendru atveju r_t vidurkio lygtis yra μ_t . Remdamiesi `rugarch` paketo dokumentacija, užrašykite **vidurkio ir dispersijos lygčių sistemą** žemiau pateiktiems modeliams ir atsakykite į klausimus:
 - (a) GARCH(p, q). Kada geriau sudaryti GARCH(p, q) modelį vietoje ARCH(p)?
 - (b) IGARCH(p, q). Kada geriau sudaryti IGARCH(p, q) modelį vietoje GARCH(p, q)?
 - (c) EGARCH(p, q). Kada geriau sudaryti EGARCH(p, q) modelį vietoje GARCH(p, q)?
 - (d) GJR – GARCH(p, q). Kada geriau sudaryti GJR – GARCH(p, q) modelį vietoje GARCH(p, q)?
 - (e) T – GARCH(p, q). Kuo T – GARCH(p, q) modelis skiriasi nuo GJR – GARCH(p, q)?
 - (f) ARCH(p) – M (*angl.* ARCH-in-mean). Kada geriau sudaryti ARCH(p) – M modelį vietoje ARCH(p)? Kuri lygtis (ar lygtys) pasikeistų, jeigu vietoje ARCH(p) – M sudarytume kitoki, pvz. GARCH(p, q) – M, EGARCH(p, q) – M, arba GJR – GARCH(p, q) – M modelį?
2. Sudarykite $ARMA(P, Q) – ARCH(p) – M$ modelį. Vidurkio lygčiai naudokite `auto.arima` pasiūlytą $ARMA(P, Q)$ modelį.
3. Sudarykite $ARMA(P, Q) – GARCH(p, q)$ modelį. Vidurkio lygčiai naudokite `auto.arima` pasiūlytą $ARMA(P, Q)$ modelį.
4. Dar kartą išbrėžkite r_t laiko eilutės grafiką. Iš galimų IGARCH, EGARCH, GJR – GARCH ir T – GARCH specifikacijų pasirinkite ir sudarykite ir įvertinkite **du** modelius. Argumentuokite savo pasirinkimą (jeigu nėra ARCH efektų - tai paminėkite ir pasirinkimą atlikite savo nuožiūra). Vidurkio lygčiai naudokite `auto.arima` pasiūlytą $ARMA(P, Q)$ modelį.
5. Palyginkite sudarytus modelius iš 2, 3 ir 4 užduočių:
 - (a) Pagal BIC - kuris modelis geriausias?
 - (b) Pagal modelių liekanų analizę - kuris modelis geriausias?
6. Remdamiesi 5 užd. rezultatais, užrašykite pasirinkto geriausio įvertinto modelio lygčių sistemą su koeficientų reikšmėmis, 5 skaitmenų po kablelio tikslumu.

Namų darbai Nr. 4 (Atlikti iki: 2021-01-06)

Tarkime, kad turime dviejų tipų modelius:

- Model A: ARMA(P, Q) - Namų darbai Nr. 3 pradžioje sudarytas modelis vidurkiui (tarkime, kad modelio volatimumui nėra).
- Model B: ARMA(P, Q) – fGARCH(p, q), kur fGARCH gali būti ARCH, GARCH, GARCH – M, IGARCH, GJR – GARCH, TGARCH, EGARCH - pagal Namų darbai Nr. 3 5-oje užduotyje parinktą geriausią modelį.

Laikykite, kad modeliai yra tinkami duomenims iki 2020-02-20 (žr. Namų darbai Nr. 3).

1. Pasiimkite duomenų imtį iki 2020-02-20 ir dar kartą įvertinkite Model A ir Model B modelius šiai imčiai.
2. Tarkime, kad 2020-02-20 dieną investavote 1 mln. EUR (tarkime, kad visa grąža taip pat yra EUR ir nėra jokių apmokestinimų) į atitinkamą finansinį rodiklį, pagal tą dieną faktinę uždarymo kainą. Apskaičiuokite investicijos VaR_A ir ES_A (remdamiesi Model A), bei VaR_B ir ES_B (remdamiesi Model B)^{1 2}:
 - 2020-02-25 dienai (arba tai datai artimiausiai dienai, kuriai turite finansinių rodiklių grąžą).
 - 2020-03-15 dienai (arba tai datai artimiausiai dienai, kuriai turite finansinių rodiklių grąžą).
3. Jeigu 2020-02-20 dieną nupirkta akcija būtų parduota (tarkime, kad nėra jokių apmokestinimų):
 - 2020-02-25 dieną pagal tą dieną faktinę uždarymo kainą - kiek pasikeistų jūsų pradinė 1 mln. investuota suma (kiek sumažėtų arba padidėtų)?
 - 2020-03-15 dieną pagal tą dieną faktinę uždarymo kainą - kiek pasikeistų jūsų pradinė 1 mln. investuota suma (kiek sumažėtų arba padidėtų)?
4. Ar VaR_A ir VaR_B didesnės, nei ta suma, kurią būtumėte praradę (jeigu akcijų vertė nukrito)? O kaip dėl ES_A ir ES_B ?
5. Ar sudarę modelį volatilumui galėjote geriau atsižvelgti į potencialias rizikas, lyginant su paprastu ARMA modeliu?
6. Prisiminę nagrinėjamų duomenų istorijos ilgumą, sudaryto modelio volatilumui charakteristikas ir VaR bei ES apibrėžimus, atsakykite - ar VaR gali padėti atsižvelgti į tokius retus įvykius kaip finansų krizė? Ar krizės atveju ES geriau atsižvelgtų į riziką nei VaR? Ar jūsų atveju sudarytas modelis volatilumui, apskaičiuoti VaR_B ir/arba ES_B atsižvelgė į akcijų rinkos krizę?

¹žr. '2020-12-02' teorijos skaidres, bei '2020-12-09' skyrelį 'Ekonometrinis metodas'

²Patogumo dėlei galite laikyti, kad grąžų sąlyginis skirstinys yra normalusis