

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний інститут»
Навчально-науковий комплекс «Інститут
прикладного системного аналізу»
Кафедра математичних методів системного аналізу

Система підтримки прийняття рішень для прогнозування нестаціонарних процесів

Виконав:

ст. гр КА – 23

Пугачов Олександр

Науковий керівник:

д.т.н. проф. Бідюк П.І

Актуальність

- Задачі прогнозування нестационарних процесів дуже часто виникають в різних сферах діяльності людини, зокрема у фінансово-економічних системах
- Актуальним є питання високої якості побудованих прогнозів та вибір кращої моделі

Об'єкт дослідження

- нестационарні процеси в економіці та фінансах

Предмет дослідження

- методи моделювання і прогнозування інтегрованих та гетероскедастичних процесів.

Мета дослідження

Розробити СППР для побудови математичних моделей нестационарних процесів та оцінювання прогнозів

Виконати порівняльний аналіз побудованих моделей обраних процесів та обчислених оцінок прогнозів за множиною статистичних критеріїв

Вибрати кращі моделі для практичного застосування

Постановка задачі дослідження

Виконати аналіз методів проектування та реалізації (СППР) для моделювання і прогнозування динаміки фінансово-економічних процесів.

Спроекувати і реалізувати СППР у системі Matlab;

Застосувати розроблену СППР до аналізу вибраних фінансово-економічних процесів;

Виконати порівняльний аналіз результатів застосування власної системи із уже існуючими.

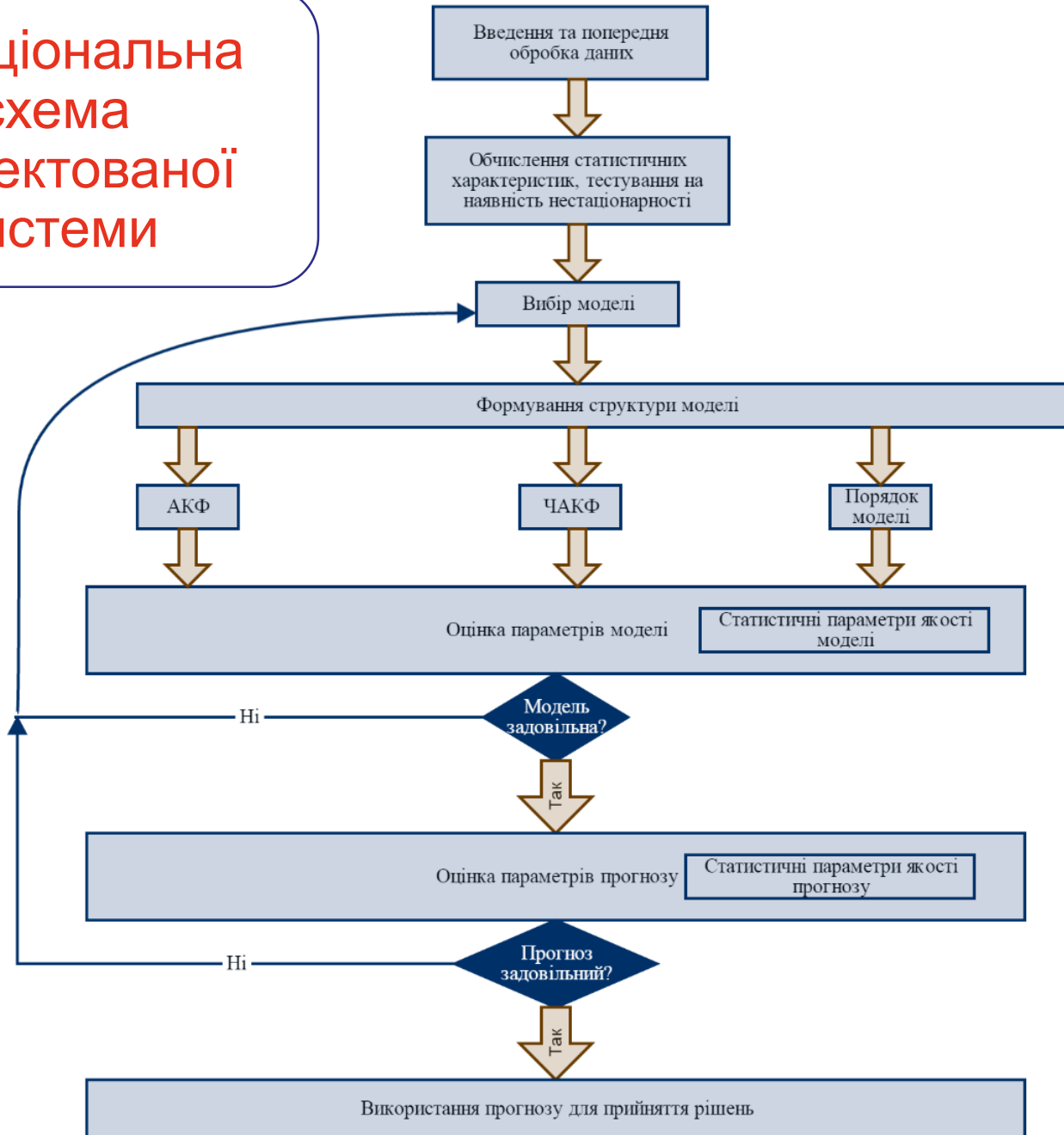
Виробити рекомендації стосовно можливостей подальшого вдосконалення розробленої системи.

Архітектура спроектованої системи

Мова програмування та платформа реалізації СППР - MATLAB



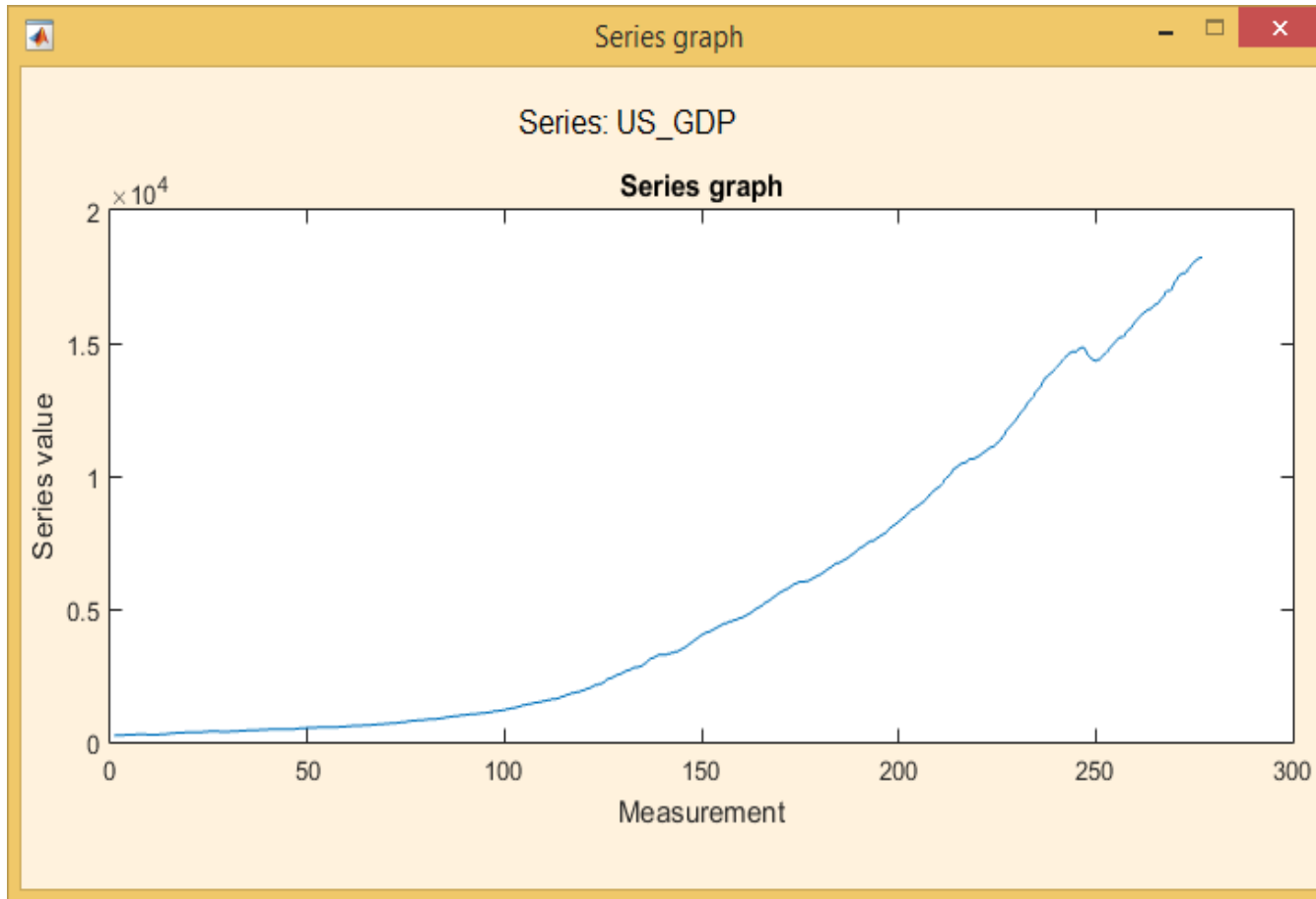
Функціональна схема спроектованої системи



Моделі, які використані для опису процесів

- Поліноміальний тренд p -порядку: $y(k) = \sum_{i=0}^p a_i k^i$
- Експоненціальний тренд: $y(k) = a e^{bk}$
- АРКС (p, q) : $y(k) = c + \sum_{i=1}^p a_i y(k - i) + \sum_{j=1}^q b_j y(k - j)$
- АРУГ (q) : $\sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2$
- УАРУГ (p, q) : $\sigma_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p b_i \sigma_{t-i}^2$

Приклад роботи системи



Дослідження та моделювання ряду ВВП США

The image displays three screenshots from a software interface, likely EViews, showing the results of fitting models to the US GDP series.

Polynomial trend model (Series: US_GDP):

Polynomial trend model
Порядок моделі: 4
OLS
OK

| Coefficient | Value |
|-------------|-------------|
| a(0) | 150.5864 |
| a(1) | 17.0939 |
| a(2) | -0.3765 |
| a(3) | 0.0038 |
| a(4) | -6.7381e-06 |

| Stat. criteria | Value |
|----------------|-------------|
| R ² | 0.9994 |
| SSE | 9.7100e+06 |
| RMSE | 187.2275 |
| DW-stat. | 0.0759 |
| Log likelih... | -1.8424e+03 |
| Akaike IC | 13.3097 |

Exponential trend model (Series: US_GDP):

Exponential trend model
OLS
OK

| Coefficient | Value |
|-------------|----------|
| a | 604.1680 |
| b | 0.0127 |

| Stat. criteria | Value |
|----------------|-------------|
| R ² | 0.9532 |
| SSE | 1.5898e+08 |
| RMSE | 757.5800 |
| DW-stat. | 0.0064 |
| Log likelih... | -2.2296e+03 |
| Akaike IC | 16.1054 |

Augmented Dickey-Fuller test (Series: US_GDP):

Test parameters
 include constant
 include trend
 0.05 Significance value
 2 AR order
 OK

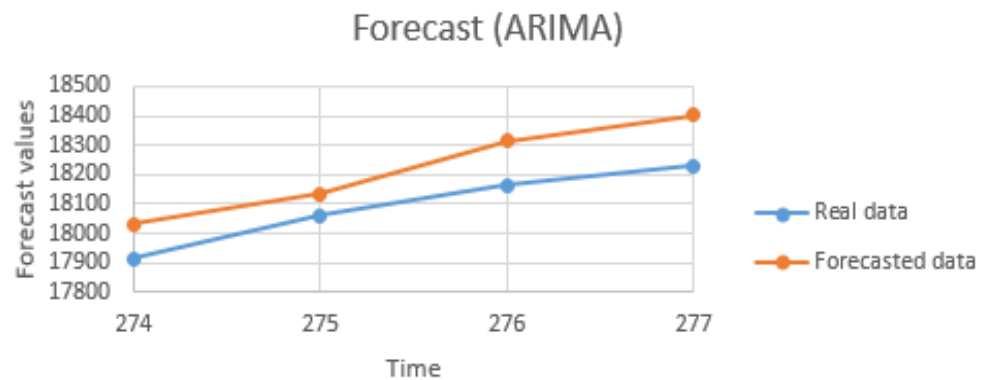
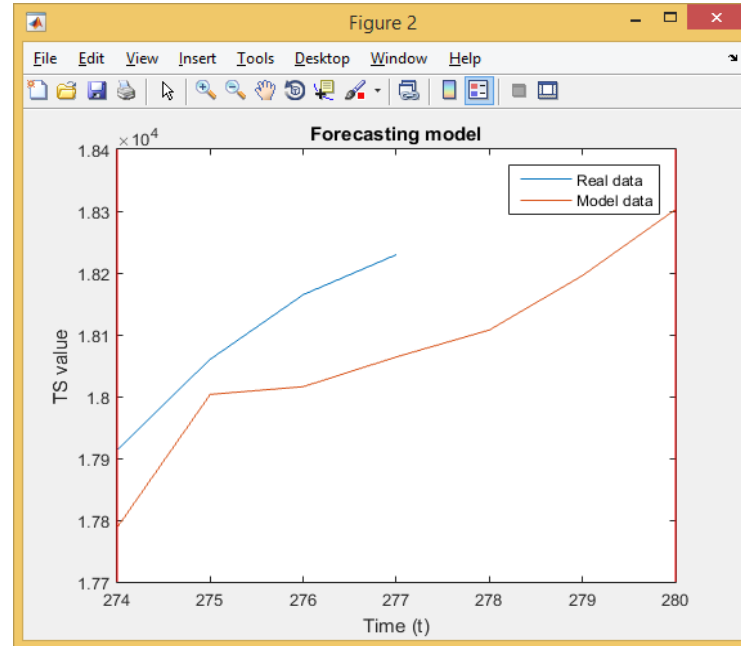
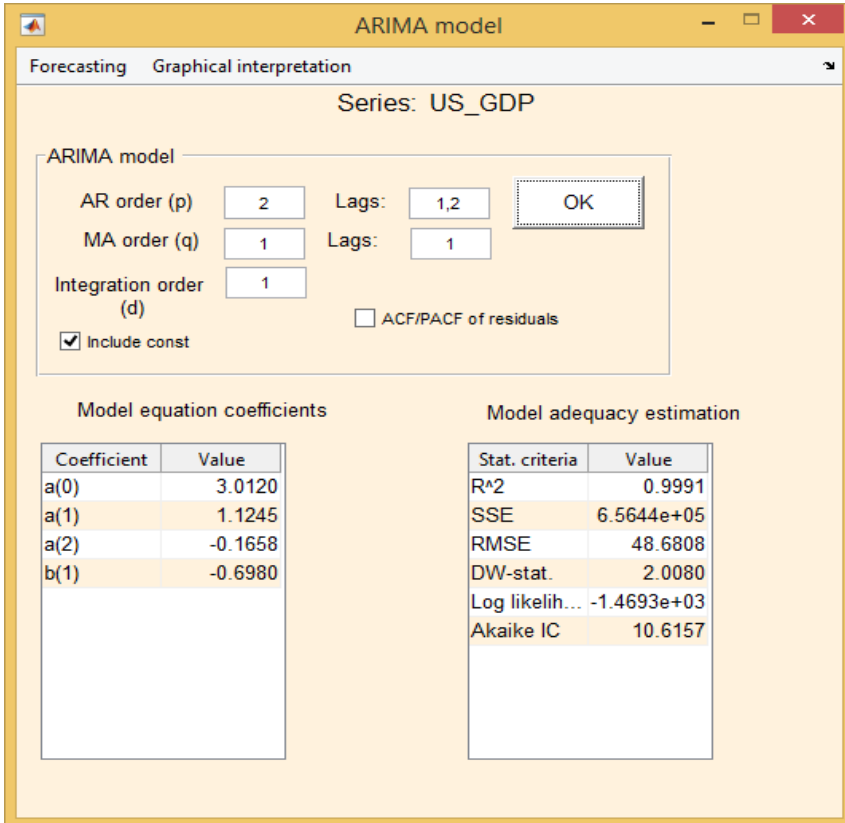
| | ADF-stat | Critical value | p-value | Stationarity |
|------|----------|----------------|---------|--------------|
| a(0) | 0.2967 | -3.4279 | 0.9982 | No |
| a(1) | -0.1562 | -3.4280 | 0.9934 | No |
| a(2) | -0.3288 | -3.4281 | 0.9895 | No |

- $y(k) = 604.168 * e^{0.0127k}, k = 1..277$
- $y(k) = 150.59 + 17.09k - 0.3765k^2 + 0.0038k^3 - 0.0000067k^4, k = 1..277$

Дослідження та моделювання ряду ВВП США

| Спостереження | Реальне значення, млрд \$ | СППР | | | | Eviews | |
|---------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | МНК | | РМНК | | МНК | |
| | | Прогноз, млрд. \$ | Похибка, млрд. \$ | Прогноз, млрд. \$ | Похибка, млрд. \$ | Прогноз, млрд. \$ | Похибка, млрд. \$ |
| 2015-1 | 17914 | 17771 | -143 | 17771 | -143 | 17771 | -143 |
| 2015-2 | 18060 | 17894 | -166 | 17894 | -166 | 17894 | -166 |
| 2015-3 | 18165 | 18016 | -149 | 18016 | -149 | 18016 | -149 |
| 2015-4 | 18230 | 18138 | -91.2 | 18138 | -91.2 | 18138 | -91.2 |
| 2016-1 | | 18260 | | 18260 | | 18260 | |
| 2016-2 | | 18381 | | 18381 | | 18381 | |
| 2016-3 | | 18501 | | 18501 | | 18501 | |
| САП | | 137,2 | | 137,2 | | 137,2 | 137,2 |
| САПП, % | | 0.76% | | 0.76% | | 0.76% | 0.76% |

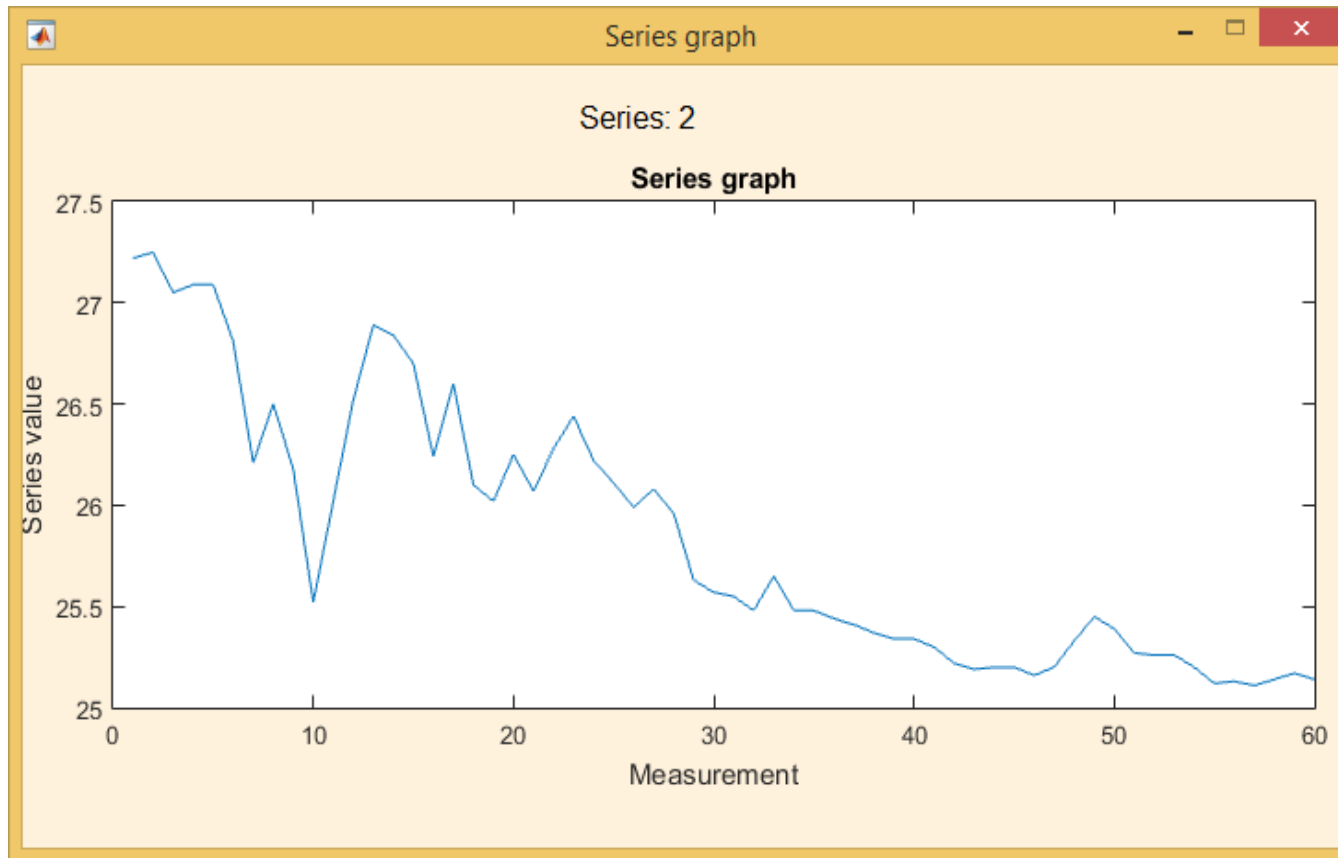
Модель АРІКС(2,1,1)



Модель АРІКС(2,1,1)

| Спостереження | Реальне значення ВВП, млрд. \$ | СППР | | EViews | |
|---------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Прогноз, млрд. \$ | Похибка, млрд. \$ | Прогноз, млрд. \$ | Похибка, млрд. \$ |
| 2015-1 | 17913.7 | 17788.1025 | -125.6 | 18029.9562 | 116.2562 |
| 2015-2 | 18060.2 | 18003.3569 | -56.8 | 18135.6798 | 75.4798 |
| 2015-3 | 18164.8 | 18015.8745 | -148.9 | 18313.4814 | 148.6814 |
| 2015-4 | 18229.5 | 18064.0256 | -165.5 | 18401.2757 | 171.7757 |
| 2016-1 | | 18107.6247 | | | |
| 2016-2 | | 18195.7061 | | | |
| 2016-3 | | 18302.5658 | | | |
| САП | | | 124.2 | | 128 |
| САПП, % | | | 0.67 | | 0.71 |

Дослідження та моделювання ряду курсу валют USD/UAH



- 3 01.04.2016 до 01.06.2016

Дослідження та моделювання ряду курсу валют USD/UAH

ARIMA model

Forecasting Graphical interpretation

Series: USD-UAH

ARIMA model

AR order (p) 9 Lags: 1,9 OK

MA order (q) 0 Lags:

Integration order (d) 0 ACF/PACF of residuals

Include const

Model equation coefficients

| Coefficient | Value |
|-------------|-------|
| $\alpha(1)$ | 0.828 |
| $\alpha(2)$ | |
| $\alpha(3)$ | |
| $\alpha(4)$ | |
| $\alpha(5)$ | |
| $\alpha(6)$ | |
| $\alpha(7)$ | |
| $\alpha(8)$ | |
| $\alpha(9)$ | 0.168 |

Model adequacy estimation

| Stat. criteria | Value |
|----------------|---------|
| R ² | 0.8918 |
| SSE | 2.4919 |
| RMSE | 0.2038 |
| DW-stat. | 1.9876 |
| Log likelih... | 10.3022 |
| Akaike IC | -0.3101 |

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED:Untitled\

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: Y

Method: Least Squares

Date: 06/08/16 Time: 02:38

Sample (adjusted): 10 60

Included observations: 51 after adjustments

Convergence achieved after 3 iterations

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| C | 24.62640 | 0.915506 | 26.89922 | 0.0000 |
| AR(1) | 0.724132 | 0.083089 | 8.715145 | 0.0000 |
| AR(9) | 0.204418 | 0.067445 | 3.030905 | 0.0039 |

| | | | |
|--------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.898234... | Mean dependent var | 25.66725 |
| Adjusted R-squared | 0.862744 | S.D. dependent var | 0.516318 |
| S.E. of regression | 0.191286 | Akaike info criterion | -0.413075 |
| Sum squared resid | 1.756331 | Schwarz criterion | -0.299438 |
| Log likelihood | 13.53340 | Hannan-Quinn criter. | -0.369651 |
| F-statistic | 158.1418 | Durbin-Watson stat | 1.776994 |
| Prob(F-statistic) | 0.000000 | | |

| Inverted AR Roots | | | | |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | .97 | .74+.50i | .74-.50i | .22+.80i |
| | .22-.80i | -.36+.71i | -.36-.71i | -.73-.28i |
| | -.73+.28i | | | |

$$\widehat{\sigma}^2(k) = 0.1583\varepsilon^2(k-1) + 0.1684\varepsilon^2(k-2) + 0.4166\varepsilon^2(k-3)$$

$$\widehat{\sigma}^2(k) = 0.1702\varepsilon^2(k-1) + 0.1589\varepsilon^2(k-2) + 0.4151\varepsilon^2(k-3)$$

Дослідження та моделювання ряду курсу валют USD/UAH: АРУГ(3)

ARIMA model

Forecasting Graphical interpretation

Series: res^2_USD-UAH

ARIMA model

AR order (p) Lags: OK

MA order (q) Lags:

Integration order (d)

ACF/PACF of residuals

Include const

Model equation coefficients

| Coefficient | Value |
|-------------|--------|
| a(0) | 0 |
| a(1) | 0.1583 |
| a(2) | 0.1687 |
| a(3) | 0.4166 |

Model adequacy estimation

| Stat. criteria | Value |
|----------------|---------|
| R^2 | 0.8998 |
| SSE | 0.2763 |
| RMSE | 0.0792 |
| DW-stat. | 1.5542 |
| Log likelih... | 67.0158 |
| Akaike IC | -2.2005 |

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

View Proc Object Print Name Freeze Estimate Forecast Stats Resids

Dependent Variable: RESID2
 Method: Least Squares
 Date: 06/08/16 Time: 02:47
 Sample (adjusted): 13 60
 Included observations: 48 after adjustments
 Convergence achieved after 3 iterations

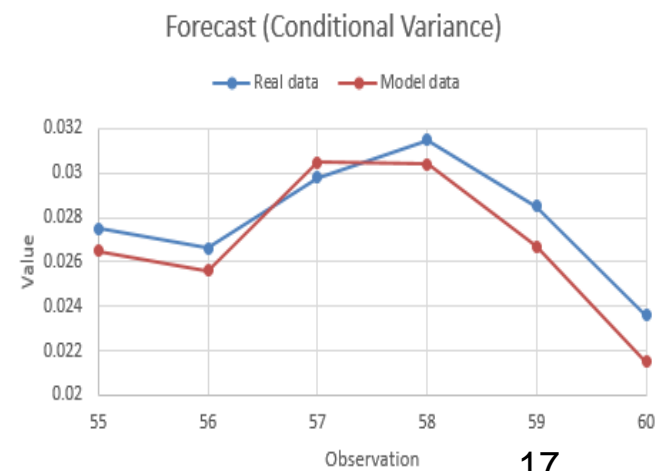
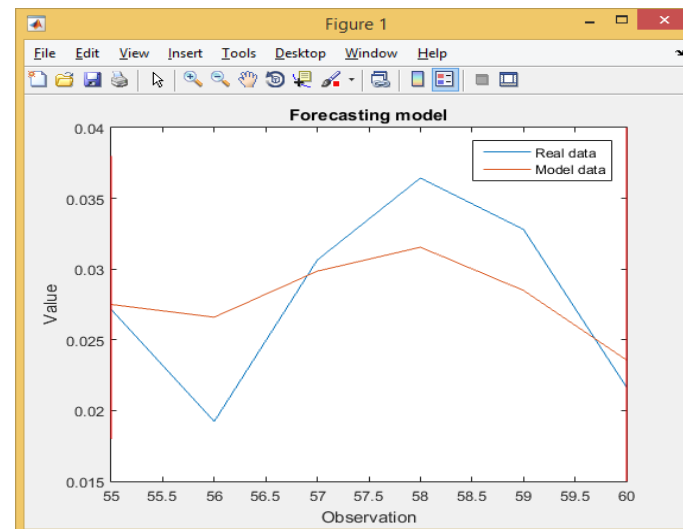
| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|--------|
| AR(1) | 0.170189... | 0.127717 | 2.115531 | 0.0400 |
| AR(2) | 0.158819... | 0.115886 | -0.240598 | 0.8110 |
| AR(3) | 0.415184... | 0.057932 | 3.714433 | 0.0006 |

| | | | |
|--------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| R-squared | 0.865491... | Mean dependent var | 0.020433 |
| Adjusted R-squared | 0.894624... | S.D. dependent var | 0.038248 |
| S.E. of regression | 0.032575... | Akaike info criterion | -2.350054 |
| Sum squared resid | 0.047752... | Schwarz criterion | -2.833104 |
| Log likelihood | 67.80130... | Hannan-Quinn criter. | -2.905858 |
| Durbin-Watson stat | 1.927760... | | |

| Inverted AR Roots | | | |
|-------------------|-----|-----------|-----------|
| | .69 | -.21+.52i | -.21-.52i |

Модель АРІКС(2,1,1)

| Спостереження | Реальне значення умовної дисперсії | СППР | | EViews | |
|---------------|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Прогноз, грн. | Похибка, грн. | Прогноз, грн. | Похибка, грн. |
| 27.05.2016 | 0.027 | 0.0275 | 0.0005 | 0.0265 | -0.0005 |
| 28.05.2016 | 0.019 | 0.0266 | 0.0074 | 0.0256 | 0.0064 |
| 29.05.2016 | 0.031 | 0.0298 | -0.0008 | 0.0305 | -0.0001 |
| 30.05.2016 | 0.036 | 0.0315 | -0.0049 | 0.0304 | -0.0060 |
| 31.05.2016 | 0.033 | 0.0285 | -0.0043 | 0.0267 | -0.0061 |
| 1.06.2016 | 0.022 | 0.0236 | 0.0019 | 0.0215 | -0.0002 |
| САП | | | 1.4e-5 | | 1.3e-5 |
| САПП, % | | | 35.6 | | 35.4 |



Висновки по роботі та рекомендації до подальших досліджень

- Розроблена та програмно реалізована СППР для моделювання і прогнозування нестационарних процесів
- Створену СППР тестовано на фактичних даних, які описують ФЕ процеси різних країн (Україна, США)
- Встановлено, що точність моделювання та прогнозування збігається із результатами поширеної комерційної системи Eviews
- Шляхи подальшого розвитку системи: впровадження додаткових методів оцінювання параметрів, командного інтерпретатора, автоматизація процесу вибору структури та оцінювання параметрів моделі.

Дякую за увагу!