

KAEDAH ALGORITMA BERANGKA TAK PIAWAI BAGI MENSIMULASI PEMBOLEHUBAH MAKROEKONOMI

Noor Ashikin Othman¹, Mohammad Khatim Hasan² & Bahari Idrus³

^{1,2,3}Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia.
p97180@siswa.ukm.edu.my

ABSTRAK

Tujuan kajian ini untuk menganalisis hubungan interaksi dinamik antara dua pemboleh ubah dan untuk meramalkan nilai dua pemboleh ubah dalam ekonomi Malaysia. Dua pemboleh ubah dalam ekonomi Malaysia ialah keluaran dalam negara kasar (KDNK) dan pelaburan langsung asing (PLA). Model interaksi Lotka Volterra dibangun untuk menganalisis hubungan interaksi dinamik antara KDNK dan PLA. Hasil keputusan simulasi yang diperoleh menunjukkan hubungan interaksi dinamik antara keluaran dalam negara kasar (KDNK) dan pelaburan langsung asing (PLA) berada dalam hubungan pemangsa dan mangsa di mana PLA mempunyai kesan negatif terhadap KDNK. Perbandingan keputusan simulasi yang diperolehi dengan kaedah yang sedia ada iaitu kaedah algoritma berangka piawai (KABP) menunjukkan bahawa kaedah algoritma berangka tidak piawai dengan trimean (KABTPDT) boleh meramalkan nilai dua pemboleh ubah dengan lebih tepat.

Kata kunci: algoritma berangka tidak piawai, trimean, model Lotka Volterra, keluaran dalam negara kasar, pelaburan langsung asing.

Pengenalan

KABP adalah satu kaedah yang paling awal diguna untuk menyelesaikan persamaan pembezaan secara berangka. Persamaan pembezaan adalah sebarang persamaan yang mempunyai sebutan dy/dx bagi suatu fungsi $y = f(x)$. Kemunculan dan perkembangan teknologi komputer yang bermula pada tahun 1950-an telah merangsang penggunaan KABP dalam menangani masalah kompleks dalam bidang sains dan teknologi. Keputusan teoritikal juga telah banyak diperolehi sejak enam dekad yang lalu yang membantu dalam menentukan kejituan, kestabilan, dan penumpuan KABP. Contoh KABP ialah kaedah Adam-Moulton dan kaedah Runge-Kutta [1].

Walaupun KABP mudah dirumuskan dan diaturcara tetapi masalah ketidakstabilan boleh berlaku jika model diskret yang tidak sesuai digunakan [2]. Tambahan pula, KABP memerlukan saiz selang langkah yang kecil untuk mendapat penyelesaian bermakna. Maka, KABTP boleh menangani masalah ini apabila ia dapat mengekalkan kestabilan dan kejituan walaupun menggunakan saiz selang yang besar [3]. Ini dapat mengurangkan kekompleksan penyelesaian secara keseluruhan. KABTP telah dibangun oleh Mickens sekitar tahun 1989 dan telah diguna dalam pelbagai masalah sains dan kejuruteraan [3], [4].

Walau bagaimana pun, KABTP akan menjadi lebih jitu apabila digabungkan dengan konsep Trimean, yang merupakan purata wajaran populasi median dan dua kuartil [5]–[7]. Konsep Trimean oleh [8] digabung dengan KABTP dengan memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan oleh [9] yang akan dipanggil kaedah algoritma berangka tidak piawai dengan trimean (KABTPDT).

Dalam kajian ini, konsep KABTPDT dibangun dalam model Lotka Volterra untuk menganalisis hubungan interaksi dinamik antara dua pemboleh. Perbandingan keputusan simulasi yang diperolehi dengan kaedah yang sedia ada iaitu KABP menunjukkan bahawa KABTPDT boleh menganalisis hubungan antara dua pemboleh ubah dan meramalkan nilai pemboleh ubah ini dengan lebih tepat.

Model Lotka Volterra

Model Lotka Volterra adalah satu sistem persamaan pembezaan yang menggambarkan interaksi persaingan antara dua spesies. Interaksi persaingan pelbagai mod dinyatakan dalam Jadual 1 yang berdasarkan tanda c_1 dan c_2 . Model Lotka-Volterra dari dua spesies, x dan y , adalah seperti berikut [10]:

$$\frac{dx}{dt} = a_1x(t) - b_1x(t)^2 - c_1x(t)y(t) \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = a_2y(t) - b_2y(t)^2 - c_2y(t)x(t) \quad (2)$$

yang x dan y ialah saiz populasi spesies x dan y , a_i ialah kadar pertumbuhan spesies apabila ia hidup sendirian, b_i ialah had keupayaan niche untuk spesies dan c_i ialah hubungan interaksi antara dua spesies di mana $i = 1,2$.

Jadual 1: Jadual interaksi pelbagai mod mengikut tanda c_1 dan c_2

c_1	c_2	Jenis	Penjelasan
+	+	Persaingan tulen	Berlaku apabila kedua-dua spesies terancam akibat kewujudan masing-masing
+	-	Pemangsa-mangsa	Berlaku apabila salah seorang daripada mereka berfungsi sebagai makanan langsung kepada yang lain
-	-	Mutualisme	Berlaku dalam kes simbiosis atau situasi menang-menang

Metodologi

Untuk membangun KABTPDT bagi persamaan (1), $\frac{dx}{dt}$ akan digantikan dengan $\frac{x_{i+1}-x_i}{\Delta t}$ mengikut [5], [9]. Manakala bagi sebelah kanan persamaan (1), nilai x , x^2 dan xy digantikan dengan nilai anggaran masing-masing seperti

$$x = 2x - x = 2x_i - x_{i+1}$$

$$x^2 = x_k x_{k+1} = x_i x_{i+1}$$

$$xy = x_{i+1} y_i$$

Maka persamaan (1) menjadi

$$\frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t} = A(2x_i - x_{i+1}) - B(x_i x_{i+1}) - C(x_{i+1} y_i)$$

$$x_{i+1} = \frac{A\Delta t 2x_i + x_i}{(1 + A\Delta t + B\Delta t x_i + C\Delta t y_i)} \quad (3)$$

Oleh kerana kaedah Trimean memerlukan dua nod sebelumnya untuk mengira nod seterusnya, maka persamaan (3) digunakan pada dua nod pertama.

Persamaan trimean $\frac{x_{i-1}+2x_i+x_{i+1}}{4}$ diganti dalam nilai x , tanpa mengubah nilai x^2 dan xy , persamaan menjadi

$$\frac{x_{i+1} - x_i}{\emptyset} = A \left(\frac{x_{i-1} + 2x_i + x_{i+1}}{4} \right) - B(x_i x_{i+1}) - C(x_{i+1} y_i)$$

$$x_{i+1} = \frac{A\emptyset 0.25x_{i-1} + A\emptyset 0.5x_i + x_i}{(1 - A\emptyset 0.25 + B\emptyset x_i + C\emptyset y_i)} \quad (4)$$

Untuk membangun KABTPDT bagi persamaan (2), $\frac{dy}{dt}$ akan digantikan dengan $\frac{y_{i+1}-y_i}{\emptyset}$ mengikut [5], [9]. Manakala bagi sebelah kanan persamaan (2), nilai y , y^2 dan xy digantikan dengan nilai anggaran masing-masing seperti

$$y = -y + 2y = -y_i + 2y_{i+1}$$

$$y^2 = y_k y_{k+1} = y_i y_{i+1}$$

$$xy = 2xy - xy = 2x_{i+1} y_i - x_i y_{i+1}$$

Maka persamaan (2) menjadi

$$\frac{y_{i+1} - y_i}{\emptyset} = P(-y_i + 2y_{i+1}) - Q(y_i y_{i+1}) - R(2x_{i+1} y_i - x_i y_{i+1})$$

$$y_{i+1} = -\frac{P\emptyset y_i - R\emptyset 2x_{i+1} y_i + y_i}{(1 - P\emptyset 2 + Q\emptyset y_i - R\emptyset x_i)} \quad (5)$$

Oleh kerana kaedah Trimean memerlukan dua nod sebelumnya untuk mengira nod seterusnya, maka persamaan (5) digunakan pada dua nod pertama.

Persamaan trimean $\frac{y_{i-1}+2y_i+y_{i+1}}{4}$ digantikan dalam nilai y , tanpa mengubah nilai y^2 dan xy , persamaan menjadi

$$\frac{y_{i+1} - y_i}{\emptyset} = P \left(\frac{y_{i-1} + 2y_i + y_{i+1}}{4} \right) - Q(y_i y_{i+1}) - R(2x_{i+1} y_i - x_i y_{i+1})$$

$$y_{i+1} = \frac{P\emptyset 0.25y_{i-1} + P\emptyset 0.5y_i - R\emptyset 2x_{i+1} y_i + y_i}{(1 - P\emptyset 0.25 + Q\emptyset y_i - R\emptyset x_i)} \quad (6)$$

Eksperimen Berangka bagi KDNK dan PLA

Kebanyakan pengkaji lepas dalam bidang ekonomi telah mengkaji hubungan sebab-menyebab antara KDNK dan PLA [11]–[13]. Dalam kajian ini, penyelidik menganggap bahawa hubungan antara KDNK dan PLA setiap tahun di Malaysia memenuhi syarat model Lotka Volterra. Sampel data adalah daripada [14]. KDNK per kapita adalah $x^{(1)}$ dan aliran masuk PLA adalah $y^{(1)}$.

Dengan menggunakan KABTPDT, data dari tahun 2009 hingga 2018 digunakan untuk membina model Lotka Volterra:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} = -12.08x^{(1)}(t) + 3.31x^{(1)}(t)^2 - 2.53x^{(1)}(t)y^{(1)}(t) \quad (7)$$

$$\frac{dy^{(1)}}{dt} = -44.49y^{(1)}(t) - 7.59y^{(1)}(t)^2 + 11.30y^{(1)}(t)x^{(1)}(t) \quad (8)$$

dalam persamaan (7) dan persamaan (8), $c_1 > 0$, $c_2 < 0$, ia menunjukkan bahawa KDNK dan PLA dalam hubungan pemangsa-mangsa di mana KDNK adalah pemangsa, dan PLA adalah mangsa. Keputusan ini selaras dengan realiti ekonomi di Malaysia dan keadaan ini wajar mendapat tindakan yang lebih teliti daripada pembuat dasar dalam memperkukuhkan pertumbuhan ekonomi Malaysia. Penerangan yang lebih terperinci dalam [14].

Model Lotka Volterra yang diskrit adalah persamaan (3) hingga persamaan (6) digunakan untuk meramalkan KDNK dan PLA. Nilai sebenar dan nilai ramalan KDNK bagi KABP dan KABTPDT dibandingkan dalam Jadual 2 dan Jadual 3.

Jadual 2: Nilai KDNK per kapita dan MAPE

Tahun	Nilai Sebenar	KABP	KABTPDT
2009	8559.23	8.5592634	8.5592634
2010	9040.57	9.0405988	9.0405988
2011	9372.01	9.3720434	9.3720434
2012	9743.10	9.7431105	9.7431105
2013	10061.72	10.061727	10.061727
2014	10524.07	10.524086	10.524086
2015	10912.15	10.912175	10.912175
2016	11219.63	11.219632	11.219632
2017	11720.74	11.720761	11.720761
2018	12109.49	12.10949	12.10949
MAPE		0.0002	0.0002

Jadual 3: Nilai aliran masuk PLA dan MAPE

Tahun	Nilai Sebenar	KABP	KABTPDT
2009	0.72	0.7110708	0.7111505
2010	3.55	4.2101538	3.5500105
2011	4.09	3.9990272	4.0862069
2012	2.94	2.7991193	2.7660627
2013	3.75	3.5260427	3.5422232
2014	3.22	3.1474423	3.1358511
2015	3.40	3.2763354	3.2824719
2016	3.82	3.2150509	3.2145368
2017	2.99	3.2427123	3.2442514
2018	2.28	3.2330056	3.2323076
MAPE		10.4801	8.4970

Keputusan menunjukkan bahawa KABP dan KABTPDT dapat meramalkan nilai KDNK dan PLA dengan tepat. Namun, KABTPDT dapat meramalkan KDNK dan PLA dengan lebih tepat berdasarkan nilai MAPE yang kurang daripada 10.

Kesimpulan

Kajian ini menggunakan konsep KABTPDT untuk menganalisis hubungan interaksi dinamik antara dua pemboleh ubah dan untuk meramalkan nilai dua pemboleh ubah dalam ekonomi Malaysia dalam model interaksi Lotka Volterra. Dua pemboleh ubah yang dipilih adalah KDNK dan PLA.

Analisis hubungan interaksi antara KDNK dan PLA menunjukkan bahawa KDNK adalah pemangsa dan PLA adalah mangsa dalam ekonomi Malaysia. Dapatan ini disokong oleh penyelidik [15] yang menunjukkan KDNK dan PLA di bandar Ningbo China juga dalam hubungan pemangsa dan mangsa di mana PLA mempunyai kesan negatif terhadap KDNK tetapi bercanggah dengan keputusan yang diperolehi oleh penyelidik [16] yang menyatakan hubungan KDNK dan PLA di wilayah Shanxi adalah mutualisme iaitu hidup bersama.

Terdapat dua kaedah yang digunakan dalam mensimulasi interaksi antara KDNK dan PLA iaitu KABP dan KABTPDT. Hasil perbandingan keputusan simulasi yang diperolehi menunjukkan bahawa KABTPDT boleh menganalisis hubungan antara dua pemboleh ubah dan meramalkan nilai pemboleh ubah ini dengan lebih tepat berbanding KABP. Ini menunjukkan pendekatan KABTPDT lebih berkesan dan boleh dilaksanakan dalam mengkaji isu ekonomi. Kajian mengenai hubungan antara pemboleh ubah ekonomi adalah sangat penting dan berguna kepada kerajaan dalam membuat dasar-dasar pembangunan sosial untuk mensejahterakan ekonomi negara.

Rujukan

- [1] M. K. Hasan, S. A. Abdul Karim, and J. Sulaiman, "Graphical Analysis of Rosenzweig-MacArthur Model via Adams-Moulton and Fourth Order Runge-Kutta Methods," in *The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics 2015*, 2015, pp. 670–675.
- [2] R. E. Mickens, "An introduction to nonstandard finite difference schemes," *J. Comput. Acoust.*, vol. 7, no. 1, pp. 39–58, 1999.
- [3] K. C. Patidar, "On the use of nonstandard finite difference methods," *J. Differ. Equations Appl.*, vol. 11, no. 8, pp. 735–758, 2005, doi: 10.1080/10236190500127471.
- [4] K. C. Patidar, "Nonstandard finite difference methods: recent trends and further developments," *J. Differ. Equations Appl.*, vol. 22, no. 6, pp. 817–849, 2016, doi: 10.1080/10236198.2016.1144748.
- [5] N. A. Othman and M. K. Hasan, "New hybrid two-step method for simulating lotka-volterra model," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 25, no. S6, pp. 115–124, 2017.
- [6] M. K. Hasan, N. A. Othman, S. A. A. Karim, and J. Sulaiman, "Semi non-standard trimean algorithm for Rosenzweig-MacArthur interaction model," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 4–2, pp. 1520–1527, 2018, doi: 10.18517/ijaseit.8.4-2.6779.
- [7] N. A. Othman, M. K. Hasan, and B. Idrus, "ALGORITMA BERANGKA TIDAK PIAWAI DENGAN TRIMEAN BAGI MODEL INTERAKSI BEDDINGTON-DEANGELIS," in *Kolokium Pendidikan (KOLOPEN), Institut Pendidikan Guru Kampus Perempuan Melayu, Melaka*, 2019, pp. 230–252.
- [8] M. G. James L Rosenberger, "Comparing location estimators: Trimmed means, medians, and trimean," *Underst. robust Explor. data Anal.*, pp. 297–336, 1983.
- [9] R. E. Mickens, "Nonstandard finite difference schemes for differential equations," *J. Differ. Equations Appl.*, vol. 8, no. 9, pp. 823–847, 2002, doi: 10.1080/1023619021000000807.
- [10] P. Gatabazi, J. C. Mba, E. Pindza, and C. Labuschagne, "Grey Lotka–Volterra models with application to cryptocurrencies adoption," *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 122, pp. 47–57, 2019, doi: 10.1016/j.chaos.2019.03.006.
- [11] E. N. Abdul Bahri, A. H. S. Md Nor, T. Sarmidi, and N. H. Haji Mohd Nor, "The Role

- of Financial Development in the Relationship Between Foreign Direct Investment and Economic Growth : A Nonlinear Approach,” *Rev. Pacific Basin Financ. Mark. Policies*, vol. 22, no. 2, pp. 1–32, 2019, doi: 10.1142/S0219091519500097.
- [12] N. J. Salim, R. Mustaffa, and N. J. A. Hanafiah, “FDI and economic growth linkages in Malaysia,” *Mediterr. J. Soc. Sci.*, vol. 6, no. 4S2, pp. 652–657, 2015, doi: 10.5901/mjss.2015.v6n4s2p652.
- [13] S. M. Abbes, B. Mostéfa, G. Seghir, and G. Y. Zakarya, “Causal Interactions between FDI, and Economic Growth: Evidence from Dynamic Panel Co-integration,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 23, no. October 2014, pp. 276–290, 2015, doi: 10.1016/s2212-5671(15)00541-9.
- [14] M. K. Hasan, N. A. Othman, and B. Idrus, “Relationship Analysis of Malaysian Gross Domestic Product and Foreign Direct Investment Using Numerical Method with Optimization Approach,” *Int. J. Adv. Sci. Technol.*, vol. 28, no. 16, pp. 410–416, 2019.
- [15] L. Wu and S. Liu, “Using grey Lotka-Volterra model to analyze the relationship between the gross domestic products and the foreign direct investment of Ningbo city,” *Proc. IEEE Int. Conf. Grey Syst. Intell. Serv. GSIS*, no. 1, pp. 265–268, 2013, doi: 10.1109/GSIS.2013.6714796.
- [16] L. Wu and Y. Wang, “Estimation the parameters of Lotka-Volterra model based on grey direct modelling method and its application,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 6, pp. 6412–6416, 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2010.09.013.