مقدمه ای بر روش های اعتبارسنجی مدل های عامل-مبنا

زهره علیجانی[۱]، فریدون سرمدیان[۲]
۱و۲ دانشجوی دکتری و استاد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران

چکیده

از آنجائیکه روش مدلسازی عامل-مبنا اخیرا به یک رویکرد جذاب و کارامد برای مدلسازی سیستم های پیچیدۀ بزرگ مقیاس شناخته شده است، تعداد کمی از روش های اعتبارسنجی به رسمیت شناخته شده برای اعتبارسنجی این مدل ها وجود دارد. هنگامیکه یک ابزار یا نرم افزار مناسب برای اجرای یک مدل انتخاب می شود، سایر مسائل مهم در توسعۀ مدل از جمله تأیید، واسنجی و اعتبارسنجی نیز باید در نظر گرفته شود. تأیید، فرایندی است که منطق مدل را با استفاده از برنامه های کامپیوتری بررسی می کند. کالیبراسیون، فرایند شناسایی مقادیر مناسب برای پارامترهای مدل به منظور تناسب بیشتر با دنیای واقعی است. اعتبارسنجی نیز از طریق مقایسۀ نتایج و مشاهدات، اندازه می‌گیرد که یک مدل تا چه اندازه می تواند رفتارهای دنیای واقعی را نشان دهد. در این مطالعه ما این سه موضوع مهم در توسعۀ مدل های عامل-مبنا را بررسی می‌کنیم.

واژه های کلیدی: اعتبارسنجی، کالیبراسیون، تأیید سنجی، عامل مبنا

مقدمه

ساختار و نحوه عملکرد مدل عامل -مبنا:

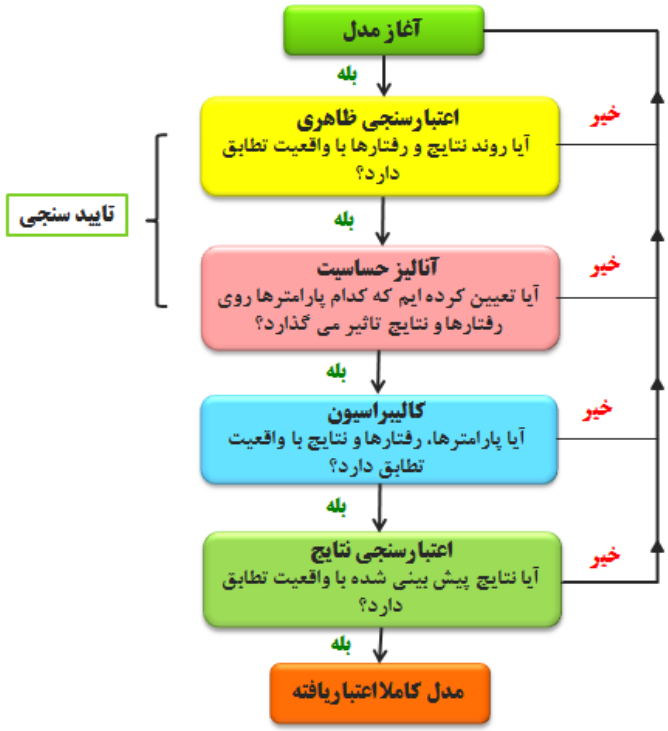
مدلسازی عامل-مبنا یک رویکرد جدید می باشد که هدف آن مدلسازی پویایی رفتارهای اجتماعی برخاسته از تعاملات کنشگرهای خودمختار و به هم وابسته است. تقریبا تمام مدل های عامل مبنا با استفاده از زبان برنامه نویسی شیء گرا (OOP[۱]) ساخته می شوند، بنابراین مفهوم OOP برای مدلسازی عامل مبنا بسیار ضروری است. یک برنامۀ توسعه یافته با زبان OOP عموما شامل مجموعه ای از **اشیاء**[۲] می باشد. یک شیء قادر به ذخیره اطلاعات در درون **صفات**[۳] خود بوده و **روش هایی** را برای تعیین چگونگی پردازش داده ها و تعامل با سایر اشیاء دارد. بنابراین نوعی وابستگی بین عامل و شیء وجود دارد، در واقع طبیعی است که هر عامل را به عنوان یک شیء برنامه نویسی کرد. مفهوم کلاس نیز برای OOP بسیار اساسی است. یک کلاس در واقع شامل مجموعه ای از خصوصیات یک شیء می باشد. مثلا یک مدل اقتصادی ممکن است شامل کلاسی به نام مشتری باشد که نمایانگر یک مشتری از یک شرکت بوده و ممکن است دارای صفاتی از قبیل نام، آدرس و انواع محصولاتی که دوست دارد، باشد. یک کلاس نیز معمولا دارای روش هایی برای توصیف و نمایش فعالیت های خود (مثل حرکت، مردن و یا زنده ماندن) می باشد. هنگامی که برنامه اجرا می شود، کلاس ها برای تشکیل اشیاء انتخاب و معرفی می شوند. مثلا کلاس مشتری ممکن است برای تشکیل دو شیء که نمایانگر دو مشتری است انتخاب شود. هر کدام از مشتری ها دارای صفات خود می باشند. اگرچه دو مشتری دارای روش ها و مجموعه صفات یکسانی هستند، اما مقدار یا ارزش صفات آن ها (مثل اسم و آدرس) باهم فرق می کند (Abdou et al., 2012).

[1] Object- oriented programming
[2] Objects
[3] Attributes

مراحل تأیید و اعتبارسنجی مدل

هنگامیکه یک ابزار یا نرم افزار مناسب برای اجرای یک مدل انتخاب می شود، سایر مسائل مهم در توسعهٔ مدل از جمله تأیید[۴]، واسنجی[۵] و اعتبارسنجی[۶] نیز باید در نظر گرفته شود (Batty & Torrens 2005, Crooks et al., 2008).

- **تأیید**[۷]، فرایندی است که منطق مدل[۸] را با استفاده از برنامه های کامپیوتری بررسی می کند. در واقع تایید به معنای اشکال زدایی است و در مورد مدل های عامل-مبنا، برنامه نویس باید اطمینان حاصل نماید که کدها به درستی نوشته شده اند و به عبارتی مدل به درستی پیاده شده است (حسینعلی، ۱۳۹۱). همانطور که در شکل ۱ مشخص شده است، تایید مدل شامل دو مرحلهٔ اعتبارسنجی ظاهری[۹] و آنالیز حساسیت می باشد. اعتبار سنجی ظاهری به منظور اطمینان از قابل قبول بودن و منطقی بودن فرایندها و ورودی های مدل درون چارچوب تئوری و اولیهٔ مدل صورت می گیرد. آنالیز حساسیت نیز اغلب به منظور بررسی اثر پارامترهای ورودی و مقادیر آن ها بر روی رفتار و خروجی های مدل می باشد (See, 2012). برای اینکه بتوانیم از نتایج حاصل از مدل اطمینان حاصل نماییم ضروری است با ثابت نگه داشتن پارامترها و شرایط داخلی، مدل را چندین مرتبه و با ورودی های مختلف اجرا نموده و میزان تغییرات در پاسخ ها را مشاهده نماییم. بنابراین هدف تحلیل حساسیت تغییر در مفروضات مدل و نتیجهٔ مورد انتظار آن، تغییر در خروجی های مدل است. اگر اثر تغییر ورودی در خروجی مدل ناچیز بود میتوان نتیجه گرفت که آن ورودی اثر مهمی در مدل ندارد و صحت آن چندان مهم نیست (حسینعلی، ۱۳۹۱). انجام آنالیز حساسیت به منظور انتخاب پارامترهای مناسب و معنی دار برای شبیه سازی قبل از اینکه مدل کالیبره شود و یا در فرایند سناریوسازی مورد استفاده قرار بگیرد، ضروری است (See, 2012).



شکل ۱- فرایند کلی اعتبار سنجی یک مدل عامل-مبنا

[4] Verification
[5] Calibration
[6] Validation
[7] Basically the model is checked to see if it behaves as it should (Heppenstall et al, 2011)
[8] The logic of the model
[9] Face Validation

- **واسنجی**[10] یا کالیبراسیون، فرایند شناسایی مقادیر مناسب برای پارامترهای مدل به منظور تناسب بیشتر با دنیای واقعی است. معمولا کالیبراسیون همراه با تکرار مدل تا زمانی است که بر داده های واقعی منطبق شود. بنابراین کالیبراسیون نشان می دهد که آیا مدل قادر به شبیه سازی یک سیستم واقعی هست یا خیر. کاری که ما در این مرحله انجام می‌دهیم این است که مدل را با چینش های مختلفی از پارامترها اجرا و مقادیری که بهترین پاسخ ها را تولید می‌نمایند، انتخاب می‌کنیم. معیار مناسب بودن پاسخ ها نیز دارای اهمیت است. در واقع میزان انطباق پاسخ ها با شرایط واقعی ملاک عمل قرار می‌گیرد. برای سنجش میزان انطباق نیز از شاخص کاپا استفاده می‌شود.
- **اعتبارسنجی** از طریق مقایسهٔ نتایج و مشاهدات، اندازه می گیرد که یک مدل تا چه اندازه می تواند رفتارهای دنیای واقعی را نشان دهد. در واقع در این مرحله تناسب بین خروجی مدل و واقعیت تعیین می شود.

با وجود اینکه مدلسازی عامل-مبنا در زمینه های مختلفی در سطح دنیا مورد استفاده قرار گرفته است، اما این روش ها از فقدان مبانی ریاضی و روش های به رسمیت شناخته شده برای اعتبار سنجی رنج برده (Xiang et al., 2005) و محققین به تازگی شروع به مطالعهٔ مسائل اعتبار سنجی آن کرده اند (Pullum & Cui, 2012). مدل های عامل-مبنا در مقایسه با سایر مدل های شبیه سازی، تفاوت های بسیاری در توسعهٔ مدل، کاربرد و اعتبارسنجی دارند. اخیراً روش های اعتبارسنجی متعددی برای مدلسازی عامل -مبنا مورد بحث قرار گرفته است. بسته به میزان دسترسی به پدیده واقعی مورد بررسی و پیچیدگی مدل، روش های اعتبار سنجی زیر ارائه شده است:

- مقایسه نتایج مدلسازی عامل-مبنا با داده های واقعی (Jokar Arsanjani, 2011; Pullum & Cui, 2012): این روش یک مقایسهٔ ساده و روشن است که می تواند با مشکل دسترسی به کل داده های واقعی در مورد پدیده مورد مطالعه همراه باشد.
- مقایسه نتایج مدلسازی عامل-مبنا با نتایج مدل های ریاضی (Pullum & Cui, 2012): از معایب این روش ساخت و توسعه مدل های ریاضی است و اینکه تدوین و فرمول بندی سیستم های پیچیده ممکن است دشوار باشد.
- استفاده از سایر شبیه سازی های مربوط به یک پدیده یکسان یا مقایسه مدل به مدل (Axtell et al., 1996; Xiang et al., 2005; Reeves, 2009; Jokar Arsanjani, 2011; Pullum & Cui, 2012): این روش دو مدل متفاوت را برای بررسی یک مسئله و پاسخ به یک سوال مشترک و ارزیابی شباهت ها و تفاوت های دو مدل به کار می گیرد.

نتیجه گیری

از آنجا که مدل های عامل-مبنا پدیده ها و سیستم ها را در سطح جزئیات مدلسازی می کنند، اغلب شامل تعداد زیادی صفات، رفتارها و تعاملات عاملی می باشند که باید به درستی مطالعه شوند. تنها راه برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، اجرای چند مرتبه ای مدل با تغییر شرایط اولیه و پارامترها می باشد (Axtell, 2000). از نظر عملی برای تعداد پارامترها به منظور اطمینان از استحکام مدل محدودیت وجود دارد و این فرایند میتواند از نظر محاسباتی پیچیده و زمان بر باشد. اگرچه قدرت محاسبات کامپیوتری به سرعت رو به رشد است، اما نیاز محاسباتی بالای مدل های عامل –مبنا یک محدودیت را برای مدلسازی سیستم های بزرگ با این روش باقی گذاشته است (Parry & Bithnell, 2012). قبل از اینکه مدل به منظور تصمیم گیری و اجرای شبیه سازی مورد استفاده قرار بگیرد باید اعتبارسنجی شده تا قابل استفاده و معتبر باشد. به دلیل ناهمگونی عامل ها و احتمال ظهور الگوهای جدید رفتاری که برخاسته از تعاملات عامل ها می باشد، اعتبارسنجی مدل های عامل-مبنا عموما دشوار است. با وجود اینکه مدل های عامل-مبنا به دلیل قابلیت شبیه سازی تصمیم‌گیری و تنوع و انعطاف پذیری بالا از جایگاه ممتازی در بین روش‌های مورد استفاده برخوردار شده‌اند ولی در هر صورت به دلیل گستردگی و پیچیدگی رفتارهای عامل ها و تعاملاتشان، هیچ یک از مدل ها تطابق صد در صدی بر واقعیت نداشته و تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد و مدل‌های جدید همواره در جهت رفع کاستی‌ها ارائه می گردد.

[10]This process, in fact, involves the optimization of the parameters (Heppenstall et al, 2011).

منابع

حسینعلی، ف.، آل شیخ، ع. و نوریان، ف. ۱۳۹۱. توسعهٔ مدلی عامل مبنا برای شبیه سازی گسترش کاربری اراضی شهری (مطالعه موردی: قزوین). مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال چهارم، شماره ۱۴، صفحه های ۱ تا ۲۲.

Abdou M., Hamill L. and Gilbert N. 2012. Designing and building an agent-based model. In Agent-based models of geographical systems. Springer Netherlands, 141-165.

Axtell R., Axelrod R., Epstein J.M. and Cohen M.D. 1996. Aligning simulation models: A case study and results. Computational & Mathematical Organization Theory, 1(2): pp.123-141.

Axtell R. 2000. Why agents?: on the varied motivations for agent computing in the social sciences.

Batty M. and Torrens P.M. 2005. Modelling and prediction in a complex world. Futures, 37(7): 745-766.

Heppenstall A.J., Crooks A.T., See L.M. and Batty M. eds. 2011. Agent-based models of geographical systems. Springer Science & Business Media.

Jokar Arsanjani J. 2011. Dynamic land use/cover change modelling: Geosimulation and multiagent-based modelling. Springer Science & Business Media.

Parry H.R. and Bithell M. 2012. Large scale agent-based modelling: A review and guidelines for model scaling. In Agent-based models of geographical systems. Springer Netherlands, 271-308.

Pullum L.L. and Cui X. 2012. Techniques and issues in agent-based modeling validation. Technical report, Oak Ridge National Laboratory.

Reeves A. 2009. Versioning, Stability, Verification, and Validation of NAADSM.

See L. 2012. Calibration and validation of agent-based models of land cover change. In Agent-based models of geographical systems .pp. 181-197. Springer Netherlands.

Xiang X., Kennedy R., Madey G. and Cabaniss S. 2005. Verification and validation of agent-based scientific simulation models. Pp. 47-55. In Agent-Directed Simulation Conference.

Introduction to Approaches in Agent-Based Modeling Validation

Z. Alijani and F. Sarmadian
PhD student and professor of department of science and soil engineering, University of Tehran

Abstract

Since the agent-based modeling approach has recently become an attractive and efficient way for modeling large scale complex system, there are few formalized validation methodologies existing for agent-based model validation. Once an appropriate tool or software has been chosen, there are several other important issues that have to be considered in model development such as verification, calibration and validation. Verification is the process of examining the logic of the model through the computer program. Calibration is the process of identifying suitable values for model parameters in order to better fit the real world. Validation measures how well models represent real-world behaviors through the comparison between outputs and observations. In this study, we consider these three important issues in the development of agent-based models.

Keywords : validation, calibration, verification, agent based