Journal of Econometric Modelling 2024, 9(2): 35-67
DOI: 10.22075/jem.2024.31495.1863
This is an Open Access paper licensed under the Creative Commons License CC BY 4.0 license.

Semnan University

Journal of Econometric Modelling

Journal homepage https://jem.semnan.ac.ir/?lang=en

Research Article

Estimating the Adjusted Probability of Informed Trading Model; the Case Study of Financial Sector

Reza Taleblou
Associate Professor in Economics, Department of Economics,
University of Allemeh Tabataba'i University
taleblou.reza@gmail.com

Parisa Mohajeri (Corresponding Author)
Associate Professor in Economics, Department of Economics,
University of Allemeh Tabataba'i University
p.mohajeri@atu.ac.ir

PAPER INFO

Paper history:
Received: 13. 08. 2023
Revised: 08. 02. 2024
Accepted: 10. 03. 2024

JEL Classification:
C13, G14, G21, G22, G23

Keywords:
Financial Market Microstructure, Probability of Informed Trading (PIN), Adjusted Probability of Informed Trading (AdjPIN), Financial Intermediation

ABSTRACT

The level of information asymmetry in financial markets significantly influences market structure, stock prices, and investment risk. In addition, designing optimal policy by regulators and the determination of trading strategies by traders, requires an awareness of the extent of information asymmetry. In this paper, using two models, Probability of Informed Trading (PIN) and Adjusted Probability of Informed Trading (AdjPIN), within the framework of financial market microstructure, we estimate the level of information asymmetry for 69 active companies in the financial intermediation sector during the period from 1396:Q1 to 1402:Q3. According to our findings, first, the average information asymmetry, as measured by PIN and AdjPIN, stands at 26% and 21% respectively. Second, information asymmetry surged notably in 2019, coinciding with the stock market bubble across all financial sub-sectors. Third, the banking and investment sectors exhibit lower information asymmetry compared to the insurance and leasing sectors. Forth, large companies demonstrate lower probability of informed tradings compared to smaller counterparts. These findings underscore the significance of understanding information asymmetry for effective policy-making and investment decisions in financial markets.

© 2023 Published by Semnan University Press. All rights reserved.

برآورد احتمال معاملات آگاهانه تعدیل شده؛ مطالعه موردی بخش مالی

رضا طالبلو
دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی
taleblou.reza@gmail.com

پریسا مهاجری (نویسنده مسئول)
دانشیار اقتصاد، گروه اقتصاد نظری، دانشکده اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی
p.mohajeri@atu.ac.ir

نوع مقاله: علمی- پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۰

چکیده:

سطح عدم تقارن اطلاعات در بازارهای مالی تأثیر بسیاری بر تشکیل بازار، قیمت سهام و ریسک سرمایه‌گذاری دارد. علاوه بر این، طراحی سیاست‌های بهینه توسط سیاستگذاران و تعیین استراتژی معاملاتی توسط معامله‌گران مستلزم آگاهی از میزان عدم تقارن اطلاعات است. در مقاله حاضر با استفاده از مدل احتمال معاملات آگاهانه (PIN) و احتمال معاملات آگاهانه تعدیل شده (AdjPIN) در چارچوب ریزساختار بازار مالی، میزان عدم تقارن اطلاعات در ۶۹ شرکت فعال در حوزه واسطه‌گری مالی طی دوره ۱۳۹۶:۱ تا ۱۴۰۲:۳ برآورد می‌شود. طبق یافته‌ها، اولاً متوسط عدم تقارن اطلاعات طبق معیارهای PIN و AdjPIN به ترتیب ۲۶ و ۲۱ درصد بوده است. ثانیاً عدم تقارن اطلاعات در سال ۱۳۹۹ و به موازات با شکل‌گیری حباب در بازار سهام در تمامی زیربخش‌های مالی به شدت افزایش یافته است. ثالثاً بخش‌های بانک و سرمایه‌گذاری، عدم تقارن اطلاعات کمتری را در مقایسه با بخش‌های بیمه و لیزینگ تجربه نموده‌اند. رابعاً احتمال معاملات آگاهانه در شرکت‌های بزرگ کمتر از شرکت‌های کوچک است. این یافته‌ها بر اهمیت درک عدم تقارن اطلاعات برای سیاستگذاری مؤثر و تصمیمات سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی تأکید می‌کنند.

طبقه‌بندی JEL: C13، G14، G21، G22، G23

کلیدواژه‌ها: ریزساختار بازار مالی، احتمال معاملات آگاهانه (PIN)، احتمال معاملات آگاهانه تعدیل یافته (Adj-PIN)، واسطه‌گری مالی

۱. مقدمه

در بازارهای کارا، تمامی عوامل عقلایی‌اند و اطلاعات جدید به سرعت در دسترس همگان قرار می‌گیرد، لذا قیمت‌ها بلافاصله تعدیل می‌شوند. با این حال، در دنیای واقعی، فعالان بازار هم در دستیابی به اطلاعات و هم در تفسیر آن‌ها بسیار ناهمگن‌اند. در هر محیط معاملاتی، برخی عوامل با توجه به اطلاعات در دسترس و یا مهارت‌های بهتر برای تجزیه و تحلیل و تفسیر اطلاعات، در موقعیت برتری نسبت به سایر معامله‌گران ناآگاه قرار دارند، لذا تعیین دقیق سطح عدم تقارن اطلاعاتی[۱] برای تمامی معامله‌گران از اهمیت بسیاری برخوردار بوده و به آن‌ها کمک می‌کند تا با مسائلی نظیر انتخاب دارایی، زمان‌بندی، بازتعریف سطح ریسک و نرخ بازده مورد نیاز، برخورد دقیق‌تری داشته باشند. علاوه بر این، شناسایی دقیق آن برای تنظیم‌گران از ضرورت بالایی برخوردار است زیرا حداکثرسازی رفاه مشارکت‌کنندگان مستلزم دستیابی به بازاری با عملکرد خوب است که به نفع کل اقتصاد باشد.

از آنجاکه سطح عدم تقارن اطلاعات یا وجود اطلاعات خصوصی[۲] در بازار به طور مستقیم قابل مشاهده نیست، پژوهشگران از برخی معیارهای جایگزین برای سنجش آن استفاده نموده و با توجه به تأثیر وجود اطلاعات خصوصی بر قیمت‌ها و نقدشوندگی، بخش قابل‌ملاحظه‌ای از مطالعات را به اندازه‌گیری معاملات آگاهانه و توصیف ابعاد و جنبه‌های مربوط به آن اختصاص داده‌اند (برکمن[۳] و همکاران، ۲۰۱۴؛ چانگ[۴] و همکاران، ۲۰۱۴؛ بُنگارتز[۵] و همکاران، ۲۰۱۴؛ شیای و هی[۶]، ۲۰۱۴؛ ین و ژائو[۷]، ۲۰۱۵؛ گوآ و چو[۸]، ۲۰۱۶). پژوهش‌های سه دهه اخیر بر اساس اطلاعات و داده‌های بسیار بزرگ و با فراوانی بالا، مجموعه‌ای از معیارهای مبتنی بر ادبیات ساختار خرد بازار را به کار گرفته‌اند. در صدر معیارهای متعدد و پرکاربرد در ادبیات مالی، احتمال معاملات آگاهانه (PIN)[۹] قرار دارد که توسط ایزلی[۱۰] و همکاران در مجموعه‌ای از مقالات در دهه ۱۹۹۰ توسعه یافته است.

---

1. Asymmetric Information
2. Private Information
3. Berkman
4. Chang
5. Bongaerts
6. Hsieh and He
7. Yin and Zhao
8. Guo and Qiu
9. Probability of Informed Trading (PIN)
10. Easley

❖ صرف‌نظر از طیف وسیعی از کاربردها، مشکلات محاسباتی در برآورد PIN طی دو دهه اخیر مورد توجه برخی از پژوهش‌ها قرار گرفته است. در صدر این مشکلات، بروز مسئله استثنائات نقطه اعشار (FPE)[۱] و راه‌حل‌های موضعی یا گوشه‌ای بود که به ارائه طیفی از روش‌ها از جمله روش فاکتورگیری EHO[۲] (ایزلی و همکاران، ۲۰۱۰)، فاکتورگیری LK (لین و کی[۳]، ۲۰۱۱)، روش YZ (یان و ژانگ[۴]، ۲۰۱۲) و الگوریتم خوشه بندی سلسله‌مراتبی تجمعی (HAC)[۵] معرفی شده توسط گان[۶] و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد.

علاوه بر اصلاحاتی که در شیوه برآورد مدل PIN ارائه شد، دو توسعه مهم دیگر نیز در ادبیات مالی مطرح گردید. توسعه نخست، طراحی مدل احتمال تعدیل شده معاملات آگاهانه (AdjPIN)[۷] بود که توسط دوارته و یانگ[۸] (۲۰۰۹) معرفی شد. مدل مذکور، با به چالش کشیدن این فرض PIN که معاملات صرفاً توسط معامله‌گران ناآگاه (که نیاز به نقدینگی دارند) و معامله‌گران آگاه انجام می‌شود، احتمال شوک نقدینگی را برای هر دو طرف خرید و فروش به حساب آورد. توسعه دوم، معرفی مدل احتمال چندلایه معاملات آگاهانه (MPIN)[۹] توسط ارسان (۲۰۱۶)[۱۰] بود که بر خلاف مدل PIN اولیه، لحاظ انواع اطلاعات چندگانه را امکان‌پذیر نمود.

بررسی فضای پژوهشی ایران حاکی از انتشار ۸ مقاله در زمینه کمّی‌سازی عدم تقارن اطلاعات است که در ۶ مقاله از مدل PIN و در ۲ مقاله از مدل AdjPIN استفاده شده است.[۱۱] مشارکت اصلی مقاله حاضر، ارائه تصویر دقیق و شفاف از مقادیر عدم تقارن اطلاعات و انجام معاملات با اطلاعات خصوصی در سهام شرکت‌های فعال در حوزه واسطه‌گری مالی با استفاده از مدل‌های

---

1. Floating Point Exceptions (FPE)
2. Easley, Hvidkjaer & O'Hara (EHO)
3. Lin & Ke
4. Yan & Zhang
5. Hierarchical Agglomerative Clustering (HAC)
6. Gan
7. Adjusted Probability of Informed Trading (AdjPIN)
8. Duarte and Young
9. Multilayer Probability of Informed Trading (MPIN)
10. Ersan

۱۱. ۵ مقاله از ۸ مقاله انتشار یافته با دو کاستی روبرو هستند. اولاً برخی از این مقالات به طور شفاف ذکر نکرده‌اند که از کدامیک از روش‌های برآورد PIN استفاده نموده‌اند و ثانیاً در برآوردهای ارائه شده در این مقالات، مسئله راه‌حل گوشه‌ای یا موضعی بروز یافته واحتمال معامله آگاهانه، صفر یا نزدیک به ۱۰۰ درصد برآورد شده است و پرداختن به این موضوع و راهکار برون‌رفت و تصحیح برآوردها از دید نویسندگان مغفول مانده است.

PIN و AdjPIN است. در این راستا، داده‌های لحظه‌ای قیمت و مقادیر سفارش‌های خرید و فروش در هر روز معاملاتی برای ۶۹ شرکت فعال در ۴ زیربخش واسطه‌گری مالی (بانک، بیمه، سرمایه‌گذاری و لیزینگ)[۱] از فصل بهار سال ۱۳۹۶ تا انتهای فصل پاییز ۱۴۰۲ با به‌کارگیری نرم‌افزار پایتون گردآوری و پالایش شده و مبنای برآورد عدم تقارن اطلاعات سهام/فصل با استفاده از نرم‌افزار R قرار می‌گیرد.

در راستای واکاوی ابعاد مختلف موضوع، مطالب مقاله حاضر در ۵ بخش سازماندهی شده است. پس از مقدمه که بخش نخست از مقاله را تشکیل می‌دهد، ادبیات نظری و پیشینه تجربی، محور اصلی مطالب بخش دوم است. در بخش سوم از مقاله، روش تحقیق با تمرکز بر نحوه برآورد عدم تقارن اطلاعات با استفاده از مدل‌های PIN و AdjPIN تبیین شده و در ادامه، پایه‌های آماری ارئه می‌گردد. بخش چهارم مقاله به تشریح یافته‌های تجربی در سطح کل واسطه‌گری‌های مالی، ۴ زیربخش و ۶۹ سهام شرکت اختصاص دارد و در نهایت، در بخش پنجم، جمع‌بندی و پیشنهادها ارائه می‌شوند.

۲. مروری بر ادبیات نظری و پیشینه تجربی

از دیدگاه فرضیه بازار کارا (EMH)[۲]، قیمت هر دارایی در یک بازار باید به طور کامل، تمامی اطلاعات موجود مرتبط را منعکس نماید (فاما[۳]، ۱۹۷۰، ۱۹۹۱). اطلاعات مرتبط در بازار سرمایه، آن اطلاعاتی است که ممکن است بر جریان‌های نقدی آتی شرکت یا انتظارات آتی سرمایه‌گذاران اثرگذار باشد. به باور فاما (۱۹۷۰)، در یک بازار کارا، قیمت دارایی‌ها علامت مناسبی برای تخصیص منابع محسوب می‌شوند زیرا اطلاعات، متقارن‌اند.

---

[۱]. صنعت واسطه‌گری مالی یکی از صنایع بزرگ بورسی کشور است که ارزش بازاری آن، حدود ۱۲ درصد از بازار سهام کشور را تشکیل می‌دهد. با عنایت به اینکه یکی از مهم‌ترین کارکردهای واسطه‌گران مالی، غلبه بر مسئله عدم تقارن اطلاعات است، پرسش محوری مقاله حاضر آن است که میزان عدم تقارن اطلاعات در معاملات سهام این شرکت‌ها چه میزان است. بدیهی است بالا بودن احتمال معاملات آگاهانه در سهام این شرکت‌ها به معنای آن است که گروهی از معامله‌گران به اطلاعات داخلی دسترسی داشته و یا از توانایی بهتری برای تحلیل اطلاعات واسطه‌گران برخوردارند.

[2]. Efficient Market Hypothesis (EMH)

[3]. Fama

مفاهیم و دلالت‌های عدم تقارن اطلاعات در بازارها در ابتدا توسط آکرلف[1] (۱۹۷۰) مطرح گردید و در ادامه، لیلند و پیل[2] (۱۹۷۷) نیز بازارهایی با تفاوت اطلاعات در دسترس خریداران و فروشندگان را مشخص نمودند. به طور خاص در بازارهای مالی، عدم تقارن اطلاعات قابل توجه است زیرا وام‌گیرندگان، درک بهتری از مهارت، روحیه و پایبندی به اصول اخلاقی خود داشته و همچنین اطلاعات درونی از پروژه‌های خود دارند که در پی تأمین مالی‌شان هستند. علاوه بر این، آنان معتقدند که وام‌دهندگان باید ویژگی‌های واقعی وام‌گیرندگان را درک نمایند اما مخاطره اخلاقی که در نظریه نمایندگی (جنسن و مک‌لینگ[3]، ۱۹۷۶) مورد توجه قرار می‌گیرد، انتقال مستقیم اطلاعات بین مشارکت‌کنندگان در بازار را پیچیده‌تر می‌سازد.

از منظر بازار ثانویه که اوراق بهادار برای چندمین بار مورد معامله قرار می‌گیرند، همین رفتار را می‌توان مشاهده کرد. برای نمونه اگر یک مشارکت‌کننده خاص در بازار دارای اطلاعات خصوصی از اخبار خوب درباره یک شرکت باشد، می‌تواند قبل از انتشار عمومی این اطلاعات، سهام شرکت را خریداری نموده و بازدهی غیرعادی کسب کند و از این سرمایه‌گذاری، سود سرشاری به دست آورد. همچنین زمانی‌که وی اطلاعات خصوصی از اخبار بد دارد قبل از افشای اطلاعات و کاهش قیمت سهام، می‌تواند سهام شرکت مربوطه را فروخته و مانع از تحمل زیان سرمایه‌ای گردد.

در ادبیات مالی بسته به سطح اطلاعات سرمایه‌گذاران، دو نوع سرمایه‌گذار وجود دارد. از یک سو، سرمایه‌گذاران آگاه که با در اختیار داشتن اطلاعات خصوصی قادر به دستیابی به سودهای اقتصادی هستند، در حالی‌که قیمت دارایی، ارزش بنیادی آن را منعکس نمی‌کند. از سوی دیگر، بازیگران ناآگاه که تنها با استفاده از اطلاعات در دسترس عموم و باورهای شخصی خود برای اهداف نقدینگی معامله می‌کنند. در این راستا، دوراته و یانگ (۲۰۰۹) مشاهده کردند که اثر این عدم تقارن در اقتصادهای بزرگ قابل متنوع‌سازی است زیرا تعداد زیادی دارایی‌های قابل معامله در این اقتصادها وجود دارد و همین موضوع مزیت عوامل آگاه نسبت به عوامل ناآگاه را در هر یک از بازارهای دارایی کاهش می‌دهد. با این حال در اقتصادهای در حال توسعه که در آن، سرمایه شرکت‌ها در اختیار معدودی از سرمایه‌گذاران متمرکز است، احتمال بیشتری برای کسب سودهای غیرعادی توسط عوامل آگاه از طریق کسب اطلاعات خصوصی وجود دارد.

---

1. Akerlof
2. Leland & Pyle
3. Jensen & Meckling

در ادبیات بازار سرمایه، احتمال مبادله آگاهانه (PIN) در مقایسه با سایر معیارهای اندازه‌گیری عدم تقارن اطلاعات (مانند تلاطم، سودهای غیرعادی و تعداد اطلاعیه‌های عمومی درباره یک شرکت) از محبوبیت بیشتری برخوردار است و به عنوان یک معیار مستقل از سازماندهی بازار قلمداد می‌شود زیرا معیار مذکور از داده‌های ریزساختار بازار[۱] استفاده نموده و تحت تأثیر عوامل غیرمرتبط دیگر قرار نمی‌گیرد (براون[۲] و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین PIN، معیار مستقل‌تری است زیرا به طور مستقیم از داده‌های معاملاتی هر سهم و با تمرکز بر عدم تعادل بین خرید و فروش در یک دوره معین برآورد می‌شود.

معیار PIN، برآیند اندازه‌گیری عدم تقارن اطلاعات در بازار سرمایه با استفاده از یک مدل چانه‌زنی متوالی توسط ایزلی و همکاران (۱۹۹۶) است که در ادامه توسط ایزلی و همکاران (۲۰۰۲) (مدل EHO)[۳] اصلاح شد و به طور مستمر در پژوهش‌های بین‌المللی استفاده گردید (کروسس و کاوامورا[۴]، ۲۰۰۵؛ وگا[۵]، ۲۰۰۶، دوراته و یانگ، ۲۰۰۹؛ کانگ[۶]، ۲۰۱۰؛ اصلان[۷] و همکاران، ۲۰۱۱، چن و ژائو[۸]، ۲۰۱۲، آتیلگان[۹] ۲۰۱۴؛ هنری[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۵؛ جایارامان و وو[۱۱] ۲۰۲۰؛ ما[۱۲] و همکاران ۲۰۲۲؛ سیپوی و همکاران ۲۰۲۳[۱۳]). مدل مذکور بر عدم تعادل بین رویدادهای خرید و فروش سهام در یک زمان مبتنی است. این عدم تعادل به عنوان نشانه‌ای از وجود معاملات آگاهانه در نظر گرفته می‌شود که در آن، رویدادهای اطلاعاتی مربوط به یک دارایی به طور مستقل از یکدیگر در روزهای معاملاتی با احتمال α تولید می‌شوند. با احتمال δ-۱، بر ارزش دارایی افزوده می‌شود (اگر رویداد اطلاعاتی خوب باشد) و اگر رویداد اطلاعاتی بد باشد، ارزش دارایی را با احتمال δ کاهش می‌دهد. بنابراین دارایی، یک مقدار مورد انتظار دارد که با متغیر V

---

1. Market's Microstructure Data
2. Brown
3. Easley, Hvidkjaer and O'Hara (EHO) Model
4. Cruces & Kawamura
5. Vega
6. Kang
7. Aslan
8. Chen and Zhao
9. Atilgan
10. Henry
11. Jayaraman and Wu
12. Ma
13. Cepoi

نشان داده می‌شود و به موجب وقوع یک رویداد اطلاعاتی، ممکن است دو مقدار بالا (افزایش به خاطر خبر خوب با H) و پایین (کاهش به خاطر خبر بد با L) را با احتمال δ-۱ و δ به خود بگیرد.

ارزش دارایی مشروط به وقوع اخبار بد (L)، از طریق $\underline{V}$ نمایش داده می‌شود. به همین صورت، ارزش دارایی مشروط به وقوع اخبار خوب (H) با $\overline{V}$ ارائه می‌شود. با این حال، رویداد حاوی اطلاعات ممکن است رخ ندهد بدین معنا که هیچ اطلاعات جدیدی طی دوره معاملاتی ظاهر نگردد. در این مورد ارزش دارایی در سطح $V^* = \delta\underline{V} + (1-\delta)\overline{V}$ باقی می‌ماند که در آن $\underline{V} < V^* < \overline{V}$ است. بدین ترتیب فرض می‌شود که احتمال وقوع یک رویداد اطلاعاتی α و احتمال عدم وقوع رویداد، α-۱ باشد (ایزلی و همکاران، ۱۹۹۷).

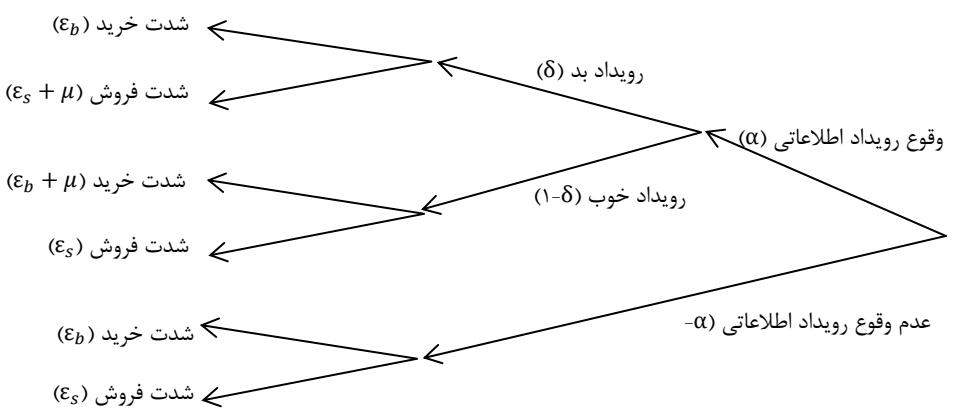
معامله در بازار سرمایه توسط معامله‌گران آگاه و ناآگاه با یک استراتژی معاملاتی ساده انجام می‌شود. بدین معنا که اگر یک معامله‌گر آگاه، اخبار خوب را مشاهده کند، اگر قیمت فعلی دارایی کمتر از $\overline{V}$ باشد اقدام به خریداری سهام خواهد نمود. از سوی دیگر، زمانی‌که حداقل برخی از معامله‌گران ناآگاه به دلایل غیرسفته‌بازانه نظیر نیاز به نقدینگی یا ملاحظات سبد دارایی، معامله می‌کنند، تعادل معاملات رخ می‌دهد. بدین ترتیب، فرض بر آن است که اگر رویداد اطلاعاتی رخ دهد، بازارساز انتظار داشته باشد که بخشی از معاملات انجام شده (μ) به معامله‌گران آگاه اختصاص داشته باشد. علاوه بر این فرض می‌شود که احتمال معامله‌گران ناآگاه در زمان بررسی قیمت دارایی $\varepsilon > 0$ است.

در هر لحظه، معامله‌گران آگاه با دستیابی به اخبار بد با احتمال (δ) در مورد هر دارایی، آن را می‌فروشند در حالی‌که با رسیدن خبر خوب با احتمال (δ-۱)، دارایی را خریداری می‌کنند. بدین ترتیب در روزهایی با رویداد اطلاعاتی، سفارشات توسط معامله‌گران آگاه به نرخ μ می‌رسد. با این حال، معامله‌گران ناآگاه، اطلاعاتی ندارند که استراتژی‌های معاملاتی‌شان را هدایت نماید. لذا، سفارش‌های خریداران ناآگاه با نرخ ε_b و سفارش‌های فروشندگان ناآگاه با نرخ ε_s انجام می‌شود (ایزلی و همکاران، ۲۰۰۲).

این فرآیند معاملاتی را می‌توان در قالب شکل (۱) نمایش داد. در مرحله نخست، اگر رویداد رخ دهد (با احتمال α) در شاخه اول و اگر رویداد رخ ندهد (با احتمال α-۱) در شاخه دوم قرار خواهیم گرفت. در شاخه اول که رویداد اطلاعاتی رخ داده است با احتمال δ، رویداد اطلاعاتی

حاوی اخبار بد بوده و با احتمال δ-۱ بیانگر یک رویداد اطلاعاتی خوب است. در مرحله بعدی، معاملات بر اساس احتمالات توصیف شده قبلی انجام می‌شود. بدین ترتیب معامله‌گران آگاه بسته به اخبار دریافت شده، اقدام به فروش (در صورت اخبار بد) خواهد کرد لذا نرخ ورود سفارشات فروش به $\varepsilon_s + \mu$ تغییر خواهد کرد. اما اگر اطلاعات بیانگر اخبار خوب باشد، نرخ ورود سفارشات خرید با $\varepsilon_b + \mu$ نشان داده می‌شود. اما در صورتی‌که هیچ رویداد اطلاعاتی رخ ندهد، هیچ معامله‌گر آگاه در بازار فعالیت نمی‌کند ($\mu = 0$) لذا نرخ ورود سفارشات خرید و فروش به ترتیب ε_b و ε_s خواهد بود.

شکل (۱). نمودار درختی فرآیند معامله طبق مدل PIN



منبع: ایزلی و همکاران (۲۰۰۲)

۲-۱. مشکلات محاسباتی PIN و راهکارهای برون‌رفت از آن

❖ با توجه به کاربردهای گسترده PIN، مشکلات محاسباتی در برآورد PIN طی دو دهه اخیر مورد توجه برخی از پژوهش‌ها قرار گرفته است. ایزلی و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که افزایش خرید و فروش سهام، به دلیل بروز مسئله استثنائات نقطه اعشار (FPE) ، برآورد حداکثر درستنمایی (MLE)[1] را با مشکل روبرو می‌سازد و روش فاکتورگیری EHO را ارائه نمودند که با فاکتورگیری لگاریتم درستنمایی، کارایی برآورد را بهبود می‌بخشد. لین و کی (۲۰۱۱) نشان

[1]. Maximum Likelihood Estimation (MLE)

دادند که فاکتورگیری EHO مشکل اریب کم‌برآوردی دارد و فاکتورگیری LK را معرفی نمودند که ضمن رفع کم‌برآوردی، برآوردها را با سرعت بالاتری در مقایسه با EHO انجام می‌دهد.[۱]

❖ یکی دیگر از مشکلات محاسباتی PIN، انتخاب مقادیر اولیه مناسب برای پارامترها است (ایزلی و همکاران، ۲۰۰۲، براون و همکاران، ۲۰۰۴). انتخاب مقادیر اولیه نامناسب ممکن است به همگرایی آهسته و یا دستیابی به یک راه‌حل موضعی منجر شود. یان و ژانگ (۲۰۱۲) که از این پس با YZ نمایش داده می‌شود[۲]، نشان می‌دهند که راه‌حل‌های مرزی غالباً در هنگام برآورد PIN رخ می‌دهند. آنان از یک الگوریتم جستجوی شبکه با ۱۲۵ ترکیب از مقادیر اولیه برای جلوگیری از بروز راه‌حل مرزی استفاده می‌کنند. هر دوی LK و YZ نشان می‌دهند که بدون فاکتورگیری لگاریتم درستنمایی و الگوریتم مقادیر اولیه، برآورد PIN به شدت اریب و غیردقیق خواهد بود. البته به زعم گان و همکاران (۲۰۱۵) ، به‌کارگیری همزمان این دو برای برآورد PIN هر چند به تخمین‌های نااریب منجر می‌شود اما مستلزم صرف هفته‌ها و حتی ماه‌ها زمان برای انجام محاسبات است. از این رو، آنان روش سریع‌تری را برای تعیین مقادیر اولیه برای برآورد MLE ارائه می‌کنند که به جای الگوریتم مقادیر اولیه YZ، الگوریتم خوشه بندی سلسله‌مراتبی تجمعی (HAC) را به کار می‌گیرند. گان و همکاران (۲۰۱۵) مدعی‌اند که با کنار گذاشتن الگوریتم جستجوی شبکه سنتی، محاسبات سریع‌تر انجام شده و زمان قابل‌توجهی برای متخصصان ریزساختار بازار صرفه‌جویی می‌شود. همچنین آنان با داده‌های شبیه‌سازی شده نشان می‌دهند که دقت برآورد پارامترهای روش ارائه شده با روش LK و YZ برابر است.

این در حالی است که یک سال پس از انتشار مقاله گان و همکاران (۲۰۱۵)، ارسان و آلیشی (۲۰۱۶) با استفاده از ۵۰۰۰ شبیه‌سازی نشان می‌دهند که PIN برآورد شده با استفاده از روش HAC گان و همکاران (۲۰۱۵) اریب قابل ملاحظه‌ای داشته و به طور معنی‌داری بیشتر از الگوریتم YZ است. از نظر آنان، چند دلیل برای تضاد یافته‌هایشان با مقاله گان و همکاران (۲۰۱۵) وجود دارد. دلیل نخست ریشه در تفاوت تعداد شبیه‌سازی دارد که تعداد شبیه‌سازی مقاله آنان، ۵ برابر گان و همکاران (۲۰۱۵) است. دوم، طبق ادعای آنان، اکثریت ۱۰۰۰ سری شبیه‌سازی شده توسط گان و همکاران (۲۰۱۵)، نه به لحاظ شواهد تجربی و نه انتظارات نظری،

---

[۱]. در مقاله حاضر، عبارت «PIN-LK» به روش ارائه شده توسط لین و کی (۲۰۱۱) اشاره دارد.

[۲]. در مقاله حاضر، عبارت «PIN-YZ» به روش ارائه شده توسط یان و ژانگ (۲۰۱۲) اشاره دارد.

نماینده خوبی نیستند. آنان بر این باورند که روش گان و همکاران (۲۰۱۵)، علاوه بر فقدان دقت در برآوردهای PIN، اریب قابل ملاحظه‌ای در تمامی پارامترهای برآورد شده دارند. با عنایت به این موضوع، ارسان و آلیشی (۲۰۱۶) روش اصلاح شده‌ای از HAC را با مجموعه‌های متعددی از مقادیر اولیه ارائه می‌دهند که امکان برآورد چندباره MLE فاکتورگیری شده LK را فراهم می‌سازد.

۲-۲. ناسازگاری برخی از فروض PIN و ارائه مدل‌های توسعه‌یافته MPIN و AdjPIN

علاوه بر ارائه راهکارهای اصلاحی به منظور رفع مشکلات محاسباتی PIN، دو توسعه مهم در دو دهه اخیر از مدل PIN ارائه شده است. توسعه نخست، مدل احتمال چندلایه معاملات آگاهانه (MPIN) است که توسط ارسان (۲۰۱۶) معرفی گردید. مدل MPIN بر خلاف مدل PIN اولیه، لحاظ انواع اطلاعات چندگانه را امکان‌پذیر نموده و فرض می‌کند که رویدادهای اطلاعاتی در لایه‌هایی با شدت یکسان معاملات آگاهانه خوشه‌بندی می‌شوند. کنار گذاشتن فرض وجود یک نوع منحصر به فرد از اطلاعات، امکان برخورد دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر با معاملات آگاهانه را فراهم می‌کند. با این حال، حداقل دو چالش جدید را ایجاد می‌کند؛ اولاً فضایی با پارامترهای بیشتر در مدل MPIN، حداکثرسازی تابع احتمال را در برابر مشکل راه‌حل‌های گوشه‌ای آسیب‌پذیرتر می‌سازد. ثانیاً تعیین دقیق تعداد لایه‌های اطلاعاتی برای ایجاد برآوردهای قابل اعتماد از احتمال معاملات آگاهانه بسیار مهم است. توسعه دوم، ارائه مدل AdjPIN توسط دوارته و یانگ (۲۰۰۹) است. این مدل، این فرض را به چالش می‌کشد که معاملات صرفاً توسط معامله‌گران ناآگاه نقدینگی و معامله‌گران آگاه انجام می‌شود و احتمال شوک نقدینگی را برای هر دو طرف خرید و فروش به حساب می‌آورد. در مقاله حاضر، دو روش متداول برای برآورد AdjPIN (AdjPIN-EM و AdjPIN-ML) به کار گرفته خواهد شد که در اولی با حداکثرسازی یک تابع انتظارات و در دومی با حداکثرسازی تابع درستنمایی، عدم تقارن اطلاعات برآورد خواهد شد.

۲-۳. پیشینه تجربی

از زمان معرفی PIN تاکنون، پژوهش‌های بسیاری از آن استفاده نموده‌اند که برای نمونه می‌توان به پوشش تحلیل‌گران (ایزلی و همکاران، ۱۹۹۸)، خُرد کردن سهام (ایزلی و همکاران، ۲۰۰۱) ، ساختار مالکیت (دنیس و واتسون[1]، ۲۰۰۱) ، قیمت‌گذاری کمتر از حد در عرضه اولیه سهام

[1] Dennis & Weston

(ایلول و پاگانو[1]، ۲۰۰۶) ، رتبه‌بندی اعتباری (اُدیرز-وایت و ردی[2]، ۲۰۰۶) ، اثرات فصلی (کانگ، ۲۰۱۰) و بازدهی‌های سهام (ایزلی و همکاران، ۲۰۰۲، براون[3] و همکاران، ۲۰۰۴، پان و پوتشمن[4]، ۲۰۰۶، براون و هیلیگیست، ۲۰۰۷[5]، چن و همکاران، ۲۰۰۷[6] و دوراته[7] و همکاران، ۲۰۰۸) اشاره کرد. علاوه بر به‌کارگیری PIN در محورهای مختلف تحقیقاتی، برخی از مطالعات نیز به طور خاص روی برآورد PIN برای بازار سهام یک کشور خاص تمرکز نموده‌اند که از جمله آنان، پژوهش‌های ایزلی و همکاران (۲۰۰۲) برای بازار سهام آمریکا (حدود ۱۹/۱ درصد)، هوانگ[8] و همکاران (۲۰۱۳) برای بازار سهام کره‌جنوبی (۲۰/۱ درصد) و مارتینز و پائلو[9] (۲۰۱۴) برای بازار سهام برزیل (۲۵ درصد) می‌باشد.

به رغم وجود ادبیات غنی نظری در ارتباط با برآورد احتمال معاملات آگاهانه در بازار سهام و کاربست فزاینده آن در پژوهش‌های تجربی خارجی طی سه دهه اخیر، بررسی فضای پژوهشی داخلی تصویر متفاوتی را نشان می‌دهد. *نخست، تأخیر بیش از دو دهه‌ای در ورود به بحث اندازه‌گیری عدم تقارن اطلاعات در بازارهای مالی و برآورد احتمال معاملات آگاهانه در پژوهش‌های دانشگاهی داخلی مشاهده می‌شود* به طوری‌که تاریخ انتشار نخستین مقاله علمی در ایران به سال ۱۳۹۶ باز می‌گردد. *دوم، صرف‌نظر از این غفلت دو دهه‌ای، تعداد مطالعات منتشر شده در دهه اخیر انگشت شمار است* و طبق بررسی‌های صورت گرفته از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی فصلنامه‌های علمی داخلی، به ۹ مقاله می‌رسد. *سوم ۵ مقاله از ۹ مقاله به دو دلیل مورد توجه قرار نگرفته‌اند، ابهام در روش برآورد PIN و برآوردهای اریب‌دار از احتمال معاملات آگاهانه* (به طوری‌که این احتمال در سه مقاله، نزدیک به صفر و در دو مقاله دیگر حدود ۸۰ درصد برآورد شده است که نه تنها با یافته‌های مقالات خارجی و ۴ مقاله داخلی دیگر ناسازگار است بلکه حاکی از بروز مسئله راه‌حل‌های موضعی و راه‌حل‌های گوشه‌ای در برآورد PIN است که به نظر می‌رسد

[1] Ellul & Pagano
[2] Odders-White & Ready
[3] Brown
[4] Pan and Poteshman
[5] Brown and Hillegeist
[6] Chen
[7] Duarte
[8] Hwang
[9]. Martins & Paulo

نویسندگان توجهی به رفع آن نداشته‌اند). *چهارم، مدل AdjPIN در هیچ‌یک از مقالات داخلی مبنای برآورد احتمال معاملات آگاهانه در بخش واسطه‌گری مالی قرار نگرفته است.* در ۴ مقاله منتشر شده داخلی که از معیارهای ریزساختار بازار استفاده نموده‌اند، طالبلو و مهاجری (۱۴۰۲) با به‌کارگیری داده‌های ۱۴۰ شرکت طی دوره زمانی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲، مقادیر عدم تقارن را با استفاده از دو مدل PIN و MPIN برای ۱۲ فصل برآورد نموده و به ترتیب ارقام ۲۶ و ۳۴ درصد را گزارش نموده‌اند. طالبلو و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از داده‌های ۲۰۶ شرکت منتخب از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران برای دوره فروردین ۱۳۹۴ تا اسفند ۱۳۹۵ و میانگین احتمال مبادله آگاهانه ۲۳ درصدی را به شیوه‌های مختلف PIN برآورد نموده‌اند. در مطالعه دیگری، طالبلو و رحمانیانی (۱۳۹۶)، احتمال معاملات آگاهانه را برای ۱۲ شرکت به تفکیک صنایع مختلف طی دوره دی ماه ۱۳۹۳ تا دی ماه ۱۳۹۵ برآورد نموده و میانگین آن را بین ۳۵ تا ۴۰ درصد گزارش نموده‌اند. دولو و عزیزی (۱۳۹۶) نیز طی دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ و برای ۴۳ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران که در صنایع مختلفی فعالیت می‌کنند، احتمال معاملات آگاهانه تعدیل شده (AdjPIN) را ۱۹ درصد برآورد کرده‌اند.

۳. روش تحقیق و پایه‌های آماری

با عنایت به اهداف مطالعه حاضر، در ادامه متدولوژی تحقیق با تمرکز بر نحوه برآورد احتمال معاملات آگاهانه با استفاده از مدل‌های PIN و AdjPIN تشریح می‌شود. پس از آن نیز پایه‌های آماری ارائه می‌گردد.

۳-۱. برآورد احتمال معاملات آگاهانه با استفاده از مدل‌های PIN و AdjPIN

همانطور که در بخش مبانی نظری تبیین شد، ایزلی و اوهارا (۱۹۹۲) مدلی را توسعه دادند که در آن عدم توازن سفارش‌ها با وجود معاملات آگاهانه مرتبط می‌شود. این اطلاعات می‌تواند مثبت باشد که منجر به معاملات مازاد در طرف خریدار می‌شود و یا منفی باشد که به معاملات مازاد در طرف فروشنده منتهی می‌گردد. در روزهای بدون رویداد اطلاعاتی، صرفاً معامله‌گران ناآگاه در بازار حضور دارند و در روزهایی که رویدادی با اطلاعات خوب (بد) رخ می‌دهد، خریداران (فروشندگان) آگاه به خریداران و فروشندگان ناآگاه می‌پیوندند تا بر اساس اطلاعات معامله کنند. از منظر آماری، مدل ایزلی و همکاران (۱۹۹۶)، کل معاملات را در یک مدل مختلط پوآسون

محدود الگوسازی می‌کنند که در آن، معاملات آغاز شده توسط خریدار و فروشنده از یک توزیع پوآسون پیروی می‌کند. احتمال مشاهده معاملات (یا خریدهای) آغاز شده توسط خریدار B و معاملات (یا فروش) آغاز شده توسط فروشنده S در یک روز معاملاتی در معادله (۱) بیان شده است:

$$L(B,S|\Theta) = \alpha(1-\delta)e^{-(\mu+\varepsilon_b)}\frac{(\mu+\varepsilon_b)^B}{B!}e^{-\varepsilon_s}\frac{\varepsilon_s^S}{S!} + \alpha\delta e^{-\varepsilon_b}\frac{\varepsilon_b^B}{B!}e^{-(\mu+\varepsilon_s)}\frac{(\mu+\varepsilon_s)^S}{S!} + (1-\alpha)e^{-\varepsilon_b}\frac{\varepsilon_b^B}{B!}e^{-\varepsilon_s}\frac{\varepsilon_s^S}{S!} \quad (۱)$$

که $\Theta = (\alpha, \delta, \mu, \varepsilon_b, \varepsilon_s)$، مجموعه‌ای از پارامترهایی است که برآورد می‌شوند، α احتمال وقوع یک رویداد حاوی اطلاعات، δ احتمال شرطی که رویداد حاوی اطلاعات، یک رویداد بد باشد، μ شدت معاملات آگاهانه و ε_b و ε_s به ترتیب شدت معاملات ناآگاهانه برای طرف‌های خرید و فروش است. برای یک دوره I روزه، درستنمایی مشترک مشاهده مجموعه‌ای از خریدها و فروش‌های روزانه، یعنی $M = (B_i, S_i)_{i=1}^I$ به صورت معادله (۲) بیان می‌شود.

$$B_i\mathcal{L}(M|\Theta) = \prod_{i=1}^I L(B_i, S_i|\theta) \quad (۲)$$

هر چند تعداد روزهای معاملاتی متفاوتی را می‌توان بررسی کرد اما تعیین یک چارچوب زمانی که هم به اندازه کافی طولانی باشد که تعداد مشاهدات قابل‌ملاحظه‌ای را فراهم کند و هم به اندازه کافی کوتاه باشد تا پویایی‌های معاملات نسبتاً بدون تغییر حفظ شود، اهمیت دارد. از این رو، ایزلی و همکاران (۱۹۹۶) استفاده از بازه زمانی سه ماهه حدود ۶۰ روز معاملاتی را به عنوان بهترین دوره زمانی برای لحاظ همزمان دو معیار فوق پیشنهاد می‌کنند.

به طور معمول، برآورد پنج پارامتر از طریق تخمین حداکثر درستنمایی انجام می‌شود. هنگامی‌که مجموعه پارامتر θ برآورد می‌شود، PIN از طریق معادله (۳) محاسبه می‌گردد. ایزلی و اوهارا (۱۹۹۲)، احتمال معامله مبتنی بر اطلاعات را به صورت نرخ ورود برآوردی معاملات آگاهانه ($\alpha\mu$) [که از حاصلضرب احتمال وقوع رویداد خبری (α) در شدت معاملات آگاهانه (μ) است] تقسیم بر نرخ ورود برآوردی همه معاملات در یک روز مشخص ($\alpha\mu + \varepsilon_b + \varepsilon_s$) تعریف می‌کنند.

$$\text{PIN} = \frac{\alpha\mu}{\alpha\mu+\varepsilon_b+\varepsilon_s} \quad (۳)$$

مدل PIN بر چند فرض استوار است. اولاً روزهای معاملاتی مستقل از یکدیگرند که لحاظ این فرض به درستنمایی مشترک در معادله (۲) منجر می‌شود. آزمون‌های اعتبار فرض استقلال، شواهد پشتیبان را ارائه می‌دهند و نتایج نمونه نیز در ایزلی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش می‌شوند. ثانیاً فرض بر آن است که رویدادهای اطلاعاتی خارج از ساعات معاملاتی رخ می‌دهند. ثالثاً در هر روز معاملاتی، حداکثر یک رویداد اطلاعاتی می‌تواند رخ دهد. رابعاً فرض می‌شود که رویدادهای اطلاعاتی، از یک نوع هستند یعنی هر زمان که رخ می‌دهند، به همان مقدار معاملات آگاهانه μ منجر می‌شوند.

دوراته و یانگ (۲۰۰۹) برای رفع دو ملاحظه مهم، مدل معاملات آگاهانه تعمیم‌یافته جدیدی را پیشنهاد نمودند. نخست، لحاظ همبستگی مثبت مشاهده شده بین تعداد معاملات آغاز شده توسط خریدار و فروشنده برای اکثریت قریب به اتفاق سهام‌ها از طریق مفروضات مدل PIN اولیه دشوار است. دوم، در صورتی‌که سرمایه‌گذاران به دو نوع معامله‌گران آگاه و ناآگاه محدود باشند، به سختی می‌توان تنوع بزرگ از خریداران و فروشندگان را با استفاده از مدل PIN پوشش داد. بر این اساس، نویسندگان یک مدل تعمیم‌یافته را معرفی می‌کنند که در آن، یک شوک جریان سفارش متقارن برای هر دو طرف خریدار و فروشنده در نظر گرفته می‌شود. در هر روز علاوه بر رویدادهای اطلاعاتی، یک شوک نقدینگی مثبت و متقارن در خرید و فروش می‌تواند رخ دهد. علاوه بر اینکه معیار PIN تعدیل‌شده (AdjPIN) که احتمال معاملات آگاهانه را لحاظ می‌کند، این مدل، معیار جدیدی به نام «احتمال شوک جریان سفارش متقارن» (PSOS)[1] را معرفی می‌نماید که احتمال وقوع معامله در طول شوک نقدینگی متقارن را نشان می‌دهد.

مجموعه پارامتر مدل AdjPIN اولیه، یعنی $\Theta_A = (\alpha, \delta, \theta, \theta', \mu_b, \mu_s, \varepsilon_b, \varepsilon_s, \Delta_b, \Delta_s)$، برداری با طول ۱۰ دارد که α احتمال وقوع یک رویداد اطلاعاتی است، δ احتمال رویداد با اطلاعات بد را نشان می‌دهد، μ_b و μ_s شدت معاملات آگاهانه در طرف خریدار و فروشنده را منعکس می‌سازد و ε_b و ε_s شدت‌های معاملات ناآگاهانه را به ترتیب در طرف خریدار و فروشنده نشان می‌دهد. همچنین θ (θ') احتمال شوک جریان سفارش متقارن در غیاب (حضور) رویداد اطلاعاتی است و Δ_b و Δ_s به ترتیب نرخ‌های ورود مازاد خرید و فروش با توجه به شوک‌های متقارن را منعکس می‌کند.

[1]. Probability of Symmetric Order Flow Shock (PSOS)

عموماً برآورد ۱۰ پارامتر واسطه‌ای مدل AdjPIN به همراه دو متغیر AdjPIN و PSOS از طریق تخمین حداکثرسازی درستنمایی (MLE) انجام می‌شود. هنگامی‌که مجموعه پارامتر Θ_A برآورد می‌شود، AdjPIN و PSOS نیز از طریق معادله (۴) و (۵) محاسبه می‌شوند.

$$\text{AdjPIN} = \frac{\alpha(\delta\mu_s+(1-\delta)\mu_b)}{\alpha(\delta\mu_s+(1-\delta)\mu_b)+(\Delta_b+\Delta_s)(\alpha\theta'+(1-\alpha)\theta)+\varepsilon_b+\varepsilon_s} \quad (۴)$$

$$\text{PSOS} = \frac{(\Delta_b+\Delta_s)(\alpha\theta'+(1-\alpha)\theta)}{\alpha(\delta\mu_s+(1-\delta)\mu_b)+(\Delta_b+\Delta_s)(\alpha\theta'+(1-\alpha)\theta)+\varepsilon_b+\varepsilon_s} \quad (۵)$$

جدیداً قاچم و ارسان (۲۰۲۳)، استفاده از یک نوع الگوریتم حداکثرسازی انتظارات (EM) را برای برآورد مدل‌های PIN پیشنهاد و نشان داده‌اند که این روش جدید، جایگزین مناسبی برای روش استاندارد MLE است و در برخی موارد می‌تواند از نظر زمان و دقت، مزیت داشته باشد. در آمار، یک الگوریتم حداکثرسازی انتظارات (EM)، روش تکراری برای یافتن برآوردهای حداکثر درستنمایی از پارامترها در یک مدل مختلط محدود است که در آن، مدل بستگی به متغیرهای پنهان مشاهده نشده دارد (نگ[1] و همکاران، ۲۰۱۲). در مدل‌های مختلط محدود، هر داده (متغیرهای مشاهده شده) با یک متغیر پنهان مرتبط است که برچسب خوشه‌ای آن به شمار می‌رود، یعنی به خوشه یا مؤلفه‌ای که به آن تعلق دارد اشاره می‌کند. از این منظر، مدل‌های مختلف PIN را می‌توان به عنون یک مدل مختلط پواسون محدود با κ خوشه در نظر گرفت که در آن، تابع درستنمایی، میانگین وزنی توابع درستنمایی خاص خوشه است. مدل AdjPIN دارای $\kappa=۶$ خوشه است که در هر خوشه، معاملات آغاز شده توسط خریدار و فروشنده بر اساس توزیع پواسون دومتغیره مجزا توزیع می‌شوند.

متغیرهای پنهان در این مدل، برچسب‌های خوشه‌ای برای روزهای معاملاتی بوده و پارامترهای ناشناخته Θ_A برای مدل AdjPIN، $\{\varepsilon_b, \varepsilon_s, \mu_b, \mu_s, \Delta_b, \Delta_s\}$ هستند. هر دوی خرید و فروش روزانه از توزیع پواسون دومتغیره پیروی می‌کنند که پارامترهای آن به برچسب خوشه روز بستگی دارد. بنابراین هنگامی‌که آگاهی از توزیع داده‌های معاملات روزانه بر روی خوشه‌ها وجود داشته باشد می‌توان تابع درستنمایی را برای مدل تعیین کرد. الگوریتم EM، تابع لگاریتم درستنمایی EM را با متناوب‌سازی دو مرحله‌ای (مرحله انتظارات و مرحله حداکثرسازی) به حداکثر می‌رساند.

[1]. Ng

بدین صورت که در ابتدا الگوریتم EM با حدس اولیه از پارامترهای مدل، $\Theta_A^{(0)}$، مشخص می‌شود. در تکرار t، مرحله انتظار توزیع برچسب‌های خوشه‌ای $\hat{Z}$ را با توجه به برآوردهای فعلی پارامترها $\Theta_A^{(t-1)}$ و داده‌های مشاهده شده x، متشکل از یک جفت توالی معاملات روزانه آغاز شده توسط خریدار و فروشنده را برآورد می‌کند. مرحله حداکثرسازی از $\hat{Z}$ برای محاسبه تابع لگاریتم درستنمایی انتظاری استفاده می‌کند و پارامترهای مدل جدید یعنی $\Theta_A^{(t)}$ را می‌یابد که آن را به حداکثر می‌رساند. این پارامترها، ورودی‌های مرحله بعدی انتظارات به حساب می‌آیند و این روند تا زمانی ادامه می‌یابد که EM همگرا شود.

در مواردی که مرحله حداکثرسازی از نظر محاسباتی پیچیده است یا به تکرار زیادی برای همگرایی نیاز دارد، استفاده از الگوریتم EM، جذابیت خود را از دست می‌دهد. به عنوان یک راه‌حل اصلاحی، منگ و روبین[1] (۱۹۹۳) الگوریتم اولیه EM را با جایگزینی M مرحله پیچیده با سری از مراحل حداکثرسازی شرطی ساده‌تر (مراحل CM) اصلاح نمود و از این رو، نام آن را الگوریتم حداکثرسازی مشروط انتظارات[2] نامیدند. با استفاده از الگوریتم ECM به جای الگوریتم EM، قاچم و ارسان (۲۰۲۳) موفق شدند زمان محاسبات مورد نیاز را برای برآورد مدل PIN و AdjPIN به طور قابل توجهی بهبود بخشند.[3] هنگامی‌که مجموعه پارامتر Θ_A برآورد می‌شوند، AdjPIN و PSOS نیز مجدداً از طریق معادلات (۴) و (۵) محاسبه می‌گردند.

۳-۲. پایه آماری

در راستای برآورد عدم تقارن اطلاعات در مقاله حاضر، داده‌های لحظه‌ای روزانه سهام شرکتهای فعال در حوزه واسطه‌گری مالی مشتمل بر ۶۹ شرکت در قالب ۴ زیربخش «بانک»، «بیمه»، «سرمایه‌گذاری» و «لیزینگ» در دوره ۱۳۹۶:۱ تا ۱۴۰۲:۳ جمع‌آوری شده است. داده‌ها از وب سایت بازار بورس اوراق بهادار تهران گردآوری و با نرم‌افزار پایتون پالایش شده است. ۶۹ شرکت فعال در حوزه واسطه‌گری مالی با لحاظ دو ملاحظه مهم یعنی وجود داده‌های با کیفیت با تواتر بالا (تعداد اندک روزهای بسته بودن نماد معاملاتی) و شمولیت طیفی از شرکت‌ها با اندازه‌های مختلف انتخاب شده‌اند. شایان ذکر است در هر لحظه، تعداد بسیار زیادی داده مظنه در سطوح مختلف

---

1. Meng and Rubin
2. Expectation-Conditional Maximization (ECM) Algorithm
3. برای اجرای دقیق و ارزیابی تجربی دقت الگوریتم ECM در زمینه مدل‌های PIN به قاچم و ارسان (۲۰۲۳) مراجعه نمایید.

خرید و فروش وجود دارد. از این رو در ابتدا، داده‌های سرخط خرید و فروش جمع‌آوری شده است که برای هر یک از ۶۹ نماد در بازه ۲۷ فصل مورد بررسی، بیش از ۳۰ میلیارد سطر داده وجود دارد. در ادامه، به دلیل ناهمسانی زمان معاملات، داده‌های سرخط مظنه های خرید و فروش در بازه یک ثانیه تجمیع شده‌اند سپس داده های قیمت به صورت میانگین وزنی و داده‌های مقدار به صورت مجموع (در سطح یک ثانیه) تجمیع گردیده‌اند. پس از آن، قیمت و مقدار مبادله شده با سرخط‌های مظنه خرید و فروش با یکدیگر منطبق شده‌اند. داده‌های ثانیه‌ای برای هر روز با استفاده از الگوریتم لی و ردی[1] (۱۹۹۱) ، مبنای شناسایی منشأ مبادله (طرف عرضه یا طرف تقاضا) قرار گرفته‌اند. در انتها در چارچوب ۴ روش مختلف مشتمل بر AdjPIN-EM، AdjPIN-ML، PIN-LK و PIN-YZ، احتمال معاملات آگاهانه در هر فصل با استفاده از یک پردازنده corei9 به صورت پردازش موازی در نرم‌افزار R برآورد شده‌اند.

۴. برآورد احتمال معاملات آگاهانه با استفاده از مدل‌های PIN و AdjPIN

در جدول (۱) میانگین ۵ پارامتر برآورد شده در مدل PIN به روش LK و YZ و همچنین ۱۰ پارامتر مدل Adj-PIN به دو روش ME و ML ارائه شده است. یافته‌ها حاکی از آن است که:

یک- احتمال معاملات آگاهانه برآورد شده برای بخش واسطه‌گری مالی توسط مدل PIN به دو روش LK و YZ بیشتر از مقادیر اعلام شده توسط مدل AdjPIN به دو روش ME و ML است. در حالی‌که عدم تقارن اطلاعات برآوردی توسط دو روش AdjPIN، رقم ۲۱ درصد را نشان می‌دهد، میانگین وجود اطلاعات خصوصی در دو روش PIN، بالغ بر ۲۶ درصد است. بالاتر بودن احتمال معاملات آگاهانه برآوردی به روش PIN در مقایسه با AdjPIN با پیش‌بینی نظری سازگار است، زیرا طبق منطق AdjPIN، بخشی از معاملات توسط معامله‌گرانی انجام می‌شود که نیازمند نقدینگی‌اند و ضرورتی وجود ندارد که این گروه از معامله‌گران، مبتنی بر وجود اطلاعات خصوصی، اقدام به معامله نموده باشند. در حالی‌که طبق فروض حاکم بر PIN، این بخش از معاملات، آگاهانه تلقی می‌شود.

[1]. Lee & Ready

دو- در بین ۴ زیربخش مختلف صنعت واسطه‌گری مالی، عدم تقارن اطلاعات در زیربخش‌های بیمه و لیزینگ اندکی بیشتر از مقادیر متناظر در زیربخش‌های بانک و سرمایه‌گذاری است.
سه- میانگین احتمال وقوع رویداد اطلاعاتی (α) برآوردی برای صنعت واسطه‌گری مالی از طریق دو روش مدل AdjPIN، حدوداً ۴۹ درصد بوده و مقدار متناظر برآورد شده به دو روش PIN، تقریباً ۳۷ درصد است. احتمال اینکه این رویداد اطلاعاتی حاوی اخبار بد باشد (δ)، به طور متوسط برای دو روش مدل AdjPIN، ۵۸ درصد و طبق دو روش مدل PIN، ۳۸ درصد می‌باشد.
چهار- شدت معاملات ناآگاهانه طرف خریدار (ε_b) و فروشنده (ε_s) در صنعت واسطه‌گری مالی بر اساس دو روش مدل AdjPIN، به مراتب کمتر از دو روش PIN است. این مشاهده نیز با پیش‌بینی نظری سازگاری دارد، زیرا همانطور که پیش‌تر توضیح داده شد، در مدل AdjPIN، علاوه بر معامله‌گران آگاه و ناآگاه، گروه سومی از معامله‌گران تحت عنوان معامله‌گران نقدینگی نیز در نظر گرفته می‌شوند. انتساب بخشی از معاملات به معامله‌گران نقدینگی موجب می‌شود که شدت معاملات ناآگاهانه برآورد شده در مدل AdjPIN کمتر از مدل PIN باشد.
پنج- پارامترهای مرتبط با شدت معاملات آگاهانه طرف خریدار (μ_b) و فروشنده (μ_s) در بخش واسطه‌گری مالی بر اساس دو روش مدل AdjPIN نیز کمتر از دو روش PIN می‌باشد که این مشاهده نیز (همانند یافته چهارم) با پیش‌بینی‌های نظری انطباق دارد.
شش- برآورد احتمال معاملات آگاهانه با استفاده از مدل AdjPIN، مستلزم تخمین ۵ پارامتر اضافی دیگر است. احتمال وقوع شوک متقارن جریان سفارشات (PSOS) که با دو روش مختلف حدود ۳۶ درصد برآورد شده است. شدت معاملات مازاد خرید (Δ_b) و فروش (Δ_s) که در زیربخش‌های بانک و بیمه، تفاوت چندانی نداشته اما شدت معاملات مازاد فروش (Δ_s) در دو زیربخش لیزینگ و سرمایه‌گذاری بیشتر از مقدار متناظر سمت خریدار است. پارامتر θ که احتمال وقوع شوک متقارن جریان سفارش در غیاب رویداد اطلاعاتی را نشان می‌دهد به طور متوسط ۴۵ درصد بوده و θ' که همین احتمال را در صورت وجود رویداد اطلاعاتی منعکس می‌کند به طور متوسط ۳۵ درصد می‌باشد.

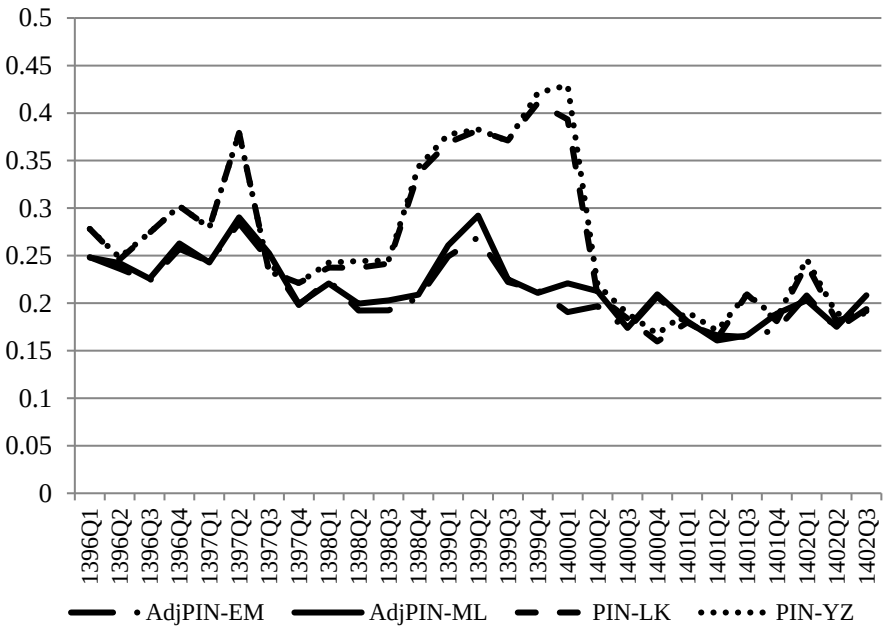
جدول (۱). میانگین پارامترهای برآوردی مدل‌های PIN و AdjPIN در زیربخش‌های مالی طی دوره ۱۳۹۶:۱ تا ۱۴۰۲:۳

		AdjPIN/PIN	PSOS	α	δ	Δ_b	Δ_s	ε_b	ε_s	μ_b	μ_s	θ	θ'
AdjPIN-EM	بانک	۲۰۸ ۰/۸۹	۳۵۹ ۰/۸۲	۵۳۳ ۰/۱۳	۵۷۴ ۰/۷۱	/۹۷ ۵۲۵	/۹۷ ۵۲۷	/۴۲ ۳۱۰	/۸۱ ۲۲۴	/۲۸ ۵۵۸	/۲۵ ۴۶۳	۵۱۰ ۰/۶۱	۳۸۸ ۰/۴۴
	بیمه	۲۱۹ ۰/۱۱	۳۶۵ ۰/۷۵	۴۶۶ ۰/۴۱	۵۸۹ ۰/۱۸	/۰۹ ۱۸۹	/۹۷ ۱۸۹	/۴۵ ۷۵	/۶۰ ۴۸	/۳۹ ۲۴۰	/۴۸ ۱۳۰	۳۹۷ ۰/۵۴	۳۳۹ ۰/۱۲
	سرمای ه‌گذار ی	۲۰۲ ۰/۱۶	۳۴۵ ۰/۹۸	۴۸۲ ۰/۰۲	۵۶۶ ۰/۴۱	/۳۳ ۲۵۲	/۱۳ ۳۳۰	/۸۶ ۱۲۶	/۷۲ ۱۱۶	/۲۳ ۳۳۰	/۶۴ ۳۲۹	۴۵۶ ۰/۰۵	۳۴۹ ۰/۴۹
	لیزینگ	۲۱۳ ۰/۰۴	۳۹۰ ۰/۰۵	۴۹۵ ۰/۹۸	۶۰۴ ۰/۳۸	/۲۴ ۲۳۷	/۱۶ ۳۷۲	/۷۰ ۹۴	/۶۱ ۹۵	/۱۹ ۳۱۴	/۰۷ ۲۷۵	۴۸۶ ۰/۷۵	۳۴۶ ۰/۱۵
	کل واسطه گری مالی	۲۰۹ ۰/۸۵	۳۵۹ ۰/۷۰	۴۸۸ ۰/۱۴	۵۷۹ ۰/۲۹	/۱۹ ۲۸۱	/۲۷ ۳۲۸	/۹۱ ۱۴۰	/۱۷ ۱۱۳	/۵۲ ۳۴۲	/۸۲ ۲۸۶	۴۵۱ ۰/۶۹	۳۵۳ ۰/۰۴
AdjPIN-ML	بانک	۲۱۵ ۰/۹۶	۳۷۳ ۰/۱۳	۵۳۱ ۰/۸۲	۵۷۷ ۰/۵۱	/۴۱ ۵۷۴	/۵۸ ۵۴۴	/۲۲ ۲۷۰	/۵۴ ۱۹۵	/۸۸ ۵۹۱	/۵۵ ۴۹۹	۵۳۸ ۰/۰۱	۳۸۵ ۰/۷۷
	بیمه	۲۲۳ ۰/۱۰	۳۷۶ ۰/۸۰	۴۶۸ ۰/۸۳	۵۹۸ ۰/۵۰	/۲۱ ۱۸۸	/۹۲ ۱۹۳	/۶۴ ۷۳	/۶۲ ۴۶	/۶۲ ۲۴۴	/۲۱ ۱۲۹	۴۰۷ ۰/۴۸	۳۵۳ ۰/۳۸
	سرمای ه‌گذار ی	۲۱۰ ۰/۳۴	۳۳۳ ۰/۴۳	۴۸۸ ۰/۶۵	۵۶۶ ۰/۰۸	/۶۴ ۲۵۶	/۵۱ ۳۴۰	/۷۹ ۱۱۳	/۶۸ ۹۷	/۶۴ ۳۶۷	/۷۳ ۳۴۶	۴۶۵ ۰/۹۳	۳۵۴ ۰/۴۰
	لیزینگ	۲۱۳ ۰/۳۸	۴۰۱ ۰/۱۸	۴۹۳ ۰/۶۹	۵۹۹ ۰/۳۹	/۶۹ ۲۳۷	/۵۵ ۳۷۳	/۰۶ ۸۸	/۸۴ ۹۰	/۴۷ ۳۱۹	/۰۳ ۲۸۰	۴۸۳ ۰/۵۳	۳۶۸ ۰/۶۴
	کل واسطه گری مالی	۲۱۵ ۰/۶۳	۳۶۹ ۰/۷۵	۴۹۰ ۰/۹۹	۵۸۱ ۰/۹۹	/۱۶ ۲۹۱	/۴۲ ۳۳۶	/۸۹ ۱۲۶	/۹۸ ۹۸	/۹۹ ۳۶۴	/۹۳ ۲۹۹	۴۶۳ ۰/۱۳	۳۶۱ ۰/۴۵
PIN-LK	بانک	۲۴۸ ۰/۱۳	–	۴۰۲ ۰/۵۳	۳۶۷ ۰/۷۴	–	–	/۳۹ ۵۱۹	/۱۶ ۴۵۲	۷۴۱/۹۵		–	–
	بیمه	۲۷۴ ۰/۹۲	–	۳۴۳ ۰/۵۲	۳۷۱ ۰/۶۴	–	–	/۱۹ ۱۲۱	/۸۹ ۱۱۶	۲۶۴/۰۱		–	–

	سرمایه‌گذاری	۲۴۹ ۰/۱۶	–	۳۶۶ ۰/۳۶	۳۹۵ ۰/۷۵	–	–	/۳۹ ۲۱۴	/۶۵ ۲۲۷	۴۹۴/۶۱	–	–
	لیزینگ	۲۷۸ ۰/۴۲	–	۳۸۴ ۰/۶۳	۳۷۸ ۰/۴۰	–	–	/۴۷ ۱۵۸	/۳۵ ۲۲۹	۴۵۵/۴۳	–	–
	کل واسطه گری مالی	۲۶۰ ۰/۲۷	–	۳۶۸ ۰/۰۵	۳۸۱ ۰/۲۷	–	–	/۵۸ ۲۳۴	/۶۱ ۲۳۴	۴۶۴/۲۴	–	–
PIN-YZ	بانک	۲۵۴ ۰/۲۷	–	۴۱۴ ۰/۸۲	۳۸۵ ۰/۳۸	–	–	/۲۳ ۵۲۳	/۲۵ ۴۴۲	۷۴۳/۱۱	–	–
	بیمه	۲۸۰ ۰/۶۹	–	۳۵۳ ۰/۲۵	۳۸۱ ۰/۴۹	–	–	/۳۹ ۱۲۳	/۵۱ ۱۱۳	۲۶۲/۸۵	–	–
	سرمایه‌گذاری	۲۵۳ ۰/۶۴	–	۳۷۳ ۰/۹۹	۴۰۲ ۰/۶۹	–	–	/۱۲ ۲۱۳	/۳۷ ۲۲۴	۴۳۸/۷۹	–	–
	لیزینگ	۲۸۳ ۰/۸۲	–	۳۹۵ ۰/۰۲	۳۸۹ ۰/۱۱	–	–	/۴۵ ۱۶۰	/۱۳ ۲۲۵	۴۵۴/۵۶	–	–
	کل واسطه گری مالی	۲۶۵ ۰/۵۷	–	۳۷۷ ۰/۴۹	۳۹۱ ۰/۴۷	–	–	/۶۹ ۲۳۵	/۹۹ ۲۲۹	۴۵۹/۶۹	–	–

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نمودار (۱). میانگین مقادیر PIN و AdjPIN در بخش واسطه‌گری مالی طی دوره ۱۳۹۶:۱ تا ۱۴۰۲:۳



مأخذ: یافته‌های تحقیق

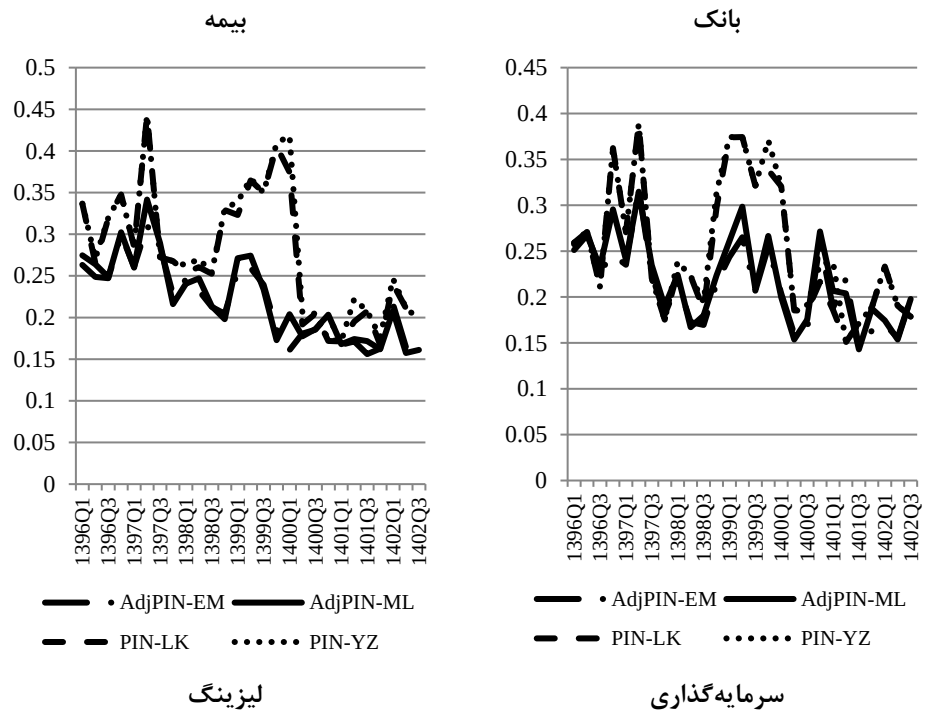
در نمودار (۱)، میانگین مقادیر برآورد شده PIN و AdjPIN با چهار روش متفاوت برای صنعت واسطه‌گری مالی به تفکیک ۲۷ فصل مختلف از ۱۳۹۶:۱ تا ۱۴۰۲:۳ ترسیم شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که:

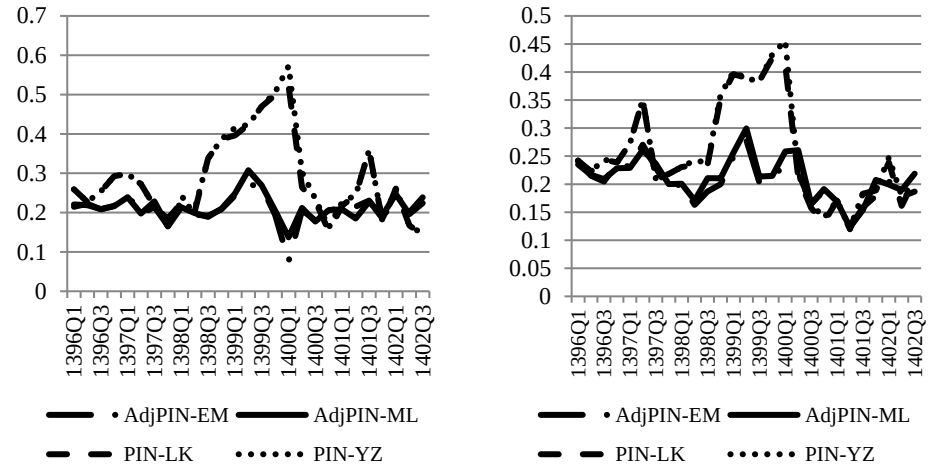
یک- احتمال معاملات آگاهانه بر اساس معیار AdiPIN-EM در دامنه ۱۶/۴ (فصل سوم ۱۴۰۱) تا ۲۸/۴ درصد (فصل دوم ۱۳۹۸) و مقادیر متناظر طبق معیار AdjPIN-ML در محدوده ۱۶/۱ (فصل دوم ۱۴۰۱) تا ۲۹/۲ درصد (فصل دوم ۱۳۹۹) قرار دارند.

دو- طبق معیار PIN-LK، احتمال معاملات آگاهانه در بازه ۱۵/۹ (فصل چهارم ۱۴۰۰) تا ۴۱/۱ درصد (فصل چهارم ۱۳۹۹) در نوسان بوده و بر اساس معیار PIN-YZ نیز در دامنه ۱۶/۷ (فصل چهارم ۱۴۰۰) تا ۴۲/۹ درصد (فصل اول ۱۴۰۰) قرار می‌گیرند.

سه- در زمان شکل‌گیری حباب بازار سهام در سال ۱۳۹۹، عدم تقارن اطلاعات در مقایسه با ادوار دیگر بالاتر بوده است. احتمال مبادلات آگاهانه طبق هر دو معیار PIN در سال ۱۳۹۹ بالغ بر ۳۸ درصد بوده است که بیش از ۱/۵ برابر متوسط عدم تقارن اطلاعات در سایر دوره‌ها می‌باشد. نمودار (۲) میانگین احتمال معاملات آگاهانه به چهار شیوه مختلف را برای زیربخش‌های بانک، بیمه، سرمایه‌گذاری و لیزینگ طی دوره زمانی مذکور منعکس می‌سازد. مشاهدات حاکی از آن است که:

نمودار (۲). میانگین مقادیر PIN و AdjPIN در زیربخش‌های مالی طی دوره ۱۳۹۶:۱ تا ۱۴۰۲:۳





مأخذ: یافته‌های تحقیق

یک- به استثنای زیربخش لیزینگ که عدم تقارن اطلاعات آن در ابتدا و انتهای دوره مورد بررسی تغییر چندانی نکرده است، عدم تقارن اطلاعات در سایر زیربخش‌های مالی بالنسبه رو به کاهش بوده است.

دو- بالاترین سطح از عدم تقارن اطلاعات در تمامی زیربخش‌های واسطه‌گری مالی مربوط در سال ۱۳۹۹ رخ داده است، به طوری‌که طبق دو معیار PIN حتی به ارقام قابل ملاحظه ۵۰ درصدی برای زیربخش لیزینگ رسیده است.

نمودار (۳)، میانگین عدم تقارن اطلاعات در سطح شرکت‌های پذیرفته شده در زیربخش‌های مختلف واسطه‌گری مالی را نشان می‌دهد. یافته‌ها حاکی از آن است که:

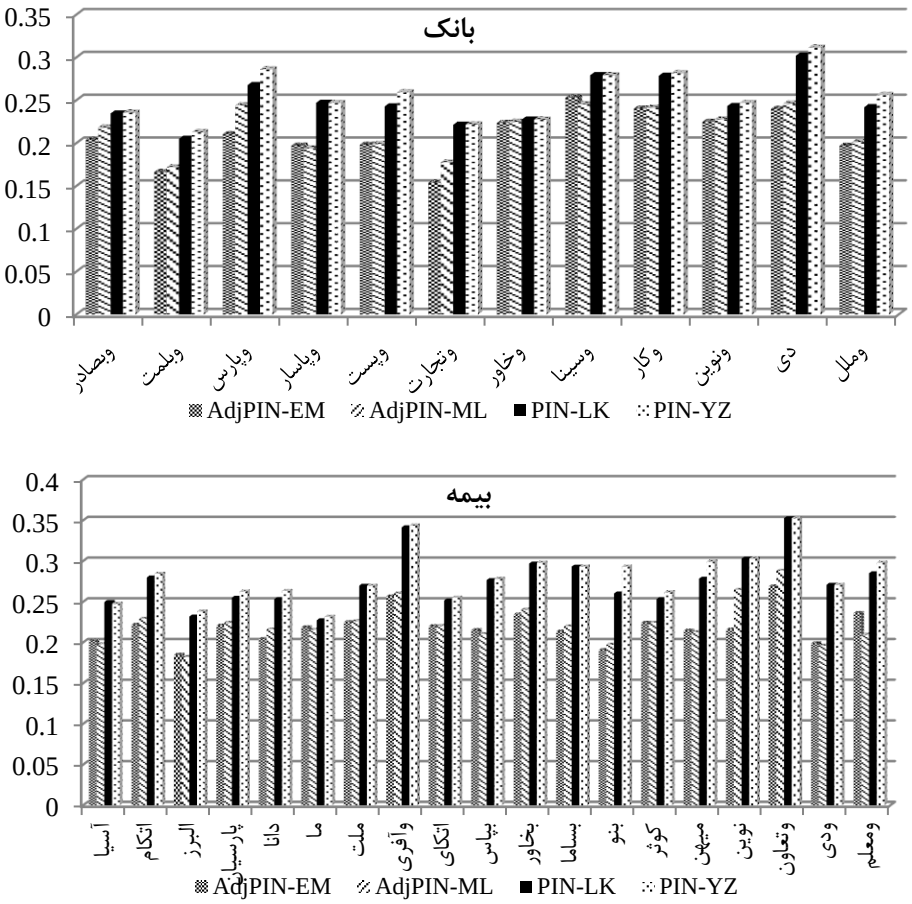
یک- بانک تجارت (با نماد وتجارت) و ملت (با نماد وبملت) کمترین سطح از عدم تقارن اطلاعات را در بین نمادهای بانکی به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که بانک دی (با نماد دی) و بانک سینا (با نماد وسینا)، بالاترین سطح از عدم تقارن اطلاعات را در گروه بانکی تجربه نموده‌اند.

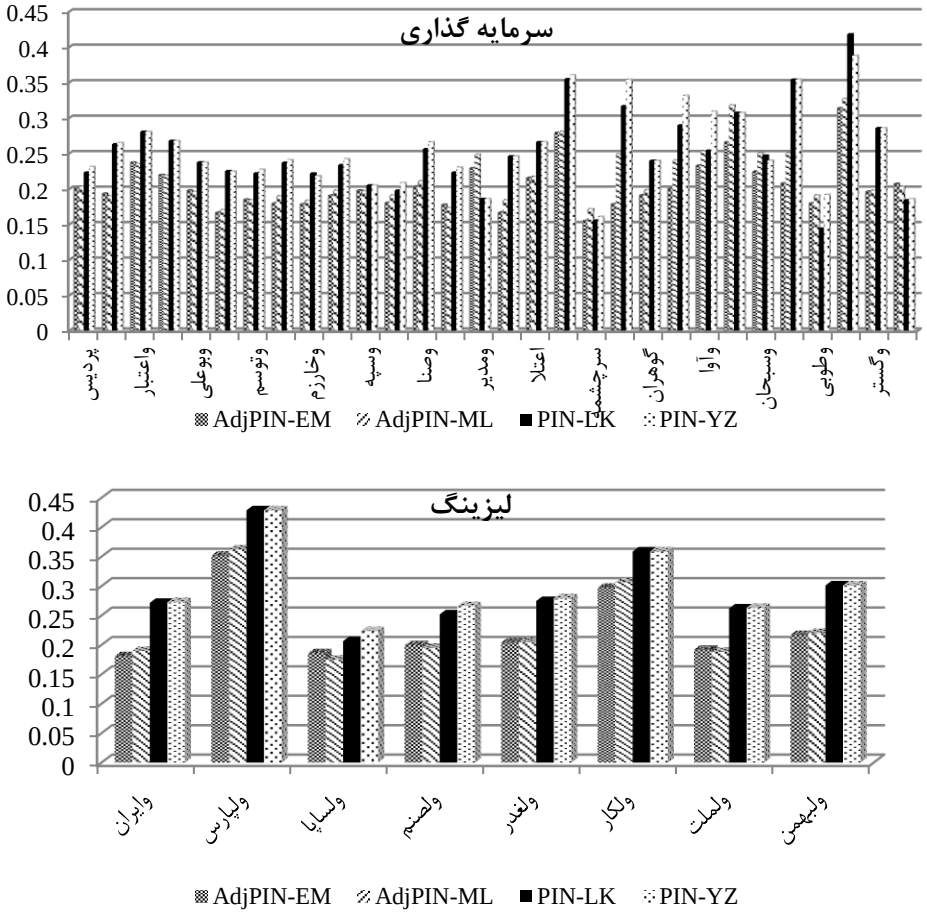
دو- کمترین عدم تقارن اطلاعات در میان شرکت‌های فعال در حوزه بیمه به شرکت بیمه البرز (با نماد البرز) و شرکت بیمه ما (با نماد ما) تعلق داشته‌است و در سوی دیگر طیف، شرکت بیمه تعاون (با نماد وتعاون) و شرکت بیمه کارآفرین (با نماد وآفری) بالاترین عدم تقارن اطلاعات را دارند.

سه- در گروه سرمایه‌گذاری، شرکت مدیریت سرمایه‌گذاری کوثر بهمن (با نماد وکبهمن) و شرکت تدبیرگران فارس و خوزستان (با نماد سدبیر) بالاترین عدم تقارن اطلاعات را تجربه نموده‌اند و در مقابل، شرکت سرمایه‌گذاری مس سرچشمه (با نماد سرچشمه) و سرمایه‌گذاری اقتصاد شهر طوبی (با نماد وطوبی) کمترین عدم تقارن اطلاعات را به خود اختصاص داده‌اند.

چهار- شرکت لیزینگ پارسیان (با نماد و لپارس)، بالاترین عدم تقارن اطلاعات و شرکت لیزینگ سایپا (با نماد ولساپا) کمترین سطح از عدم تقارن اطلاعات را در بین شرکت‌های فعال در صنعت لیزینگ تجربه نموده‌اند.

نمودار (۳). میانگین مقادیر PIN و AdjPIN در سطح شرکتهای فعال در زیربخش‌های مالی





مأخذ: یافته‌های تحقیق

۵. جمع‌بندی از یافته‌ها

معاملات آگاهانه بیانگر وجود عدم تقارن اطلاعات در یک بازار معین است و معمولاً به معاملات با اطلاعات با کیفیت بهتر و یا مهارت‌های پیچیده‌تر برای تجزیه و تحلیل اطلاعات موجود نسبت داده می‌شود (آن[1] و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به تأثیر معاملات آگاهانه بر قیمت‌ها و نقدشوندگی، پژوهشگران، بخش قابل‌ملاحظه‌ای از مطالعات را به اندازه‌گیری و توصیف ابعاد و جنبه‌های مربوط

[1]. Ahn

به آن اختصاص داده‌اند. با وجود انبوهی از معیارهای جایگزین و جدیدتر، معیارهای بنیادین که در آثار پیشگامان توسعه یافته بود هنوز کاربرد وسیعی در پژوهش‌های دانشگاهی دارد. در صدر این معیارها، PIN که توسط ایزلی و همکاران در مجموعه‌ای از مقالات در دهه ۱۹۹۰ توسعه یافته است، احتمالاً پرکاربردترین معیار معامله آگاهانه در ادبیات بوده است. طبق مفروضات مدل PIN، معاملات صرفاً توسط معامله‌گران آگاه و معامله‌گران ناآگاه انجام می‌شود در حالی‌که دوراته و یانگ (۲۰۰۹) در مدل AdjPIN، احتمال شوک نقدینگی را برای هر دو طرف خریدار و فروشنده لحاظ نمودند.

در مقاله حاضر با تمرکز بر ۶۹ شرکت فعال در حوزه واسطه‌گری مالی و با استفاده از نرم‌افزارهای پایتون و R به بررسی چند پرسش مهم پرداخته می‌شود: اولاً میزان عدم تقارن اطلاعات با استفاده از مدل‌های PIN و AdjPIN برای صنعت واسطه‌گری مالی، زیربخش‌های چهارگانه و شرکت‌های فعال در هر یک از بخش‌های بانک، بیمه، سرمایه‌گذاری و لیزینگ چقدر است؟ ثانیاً بالاترین سطح از اطلاعات خصوصی در چه سالی رخ داده است؟ ثالثاً بیشترین و کمترین سطح از عدم تقارن اطلاعات به کدام زیربخش‌ها و شرکت‌ها اختصاص دارند؟ یافته‌ها حاکی از آن است که:

یک- مقدار PIN با استفاده از روش LK و YZ در صنعت واسطه‌گری مالی و در فصول مختلف بین ۱۶ تا ۴۳ درصد در نوسان است و به طور متوسط بالغ بر ۲۶ درصد است. در بین ۴ زیربخش واسطه‌گری مالی، بانک با کمترین عدم تقارن اطلاعات (۲۴ درصد) و لیزینگ با بیشترین عدم تقارن اطلاعات (بالغ بر ۲۸ درصد) مواجه بوده‌اند و وجود اطلاعات خصوصی در دو بخش بیمه و سرمایه‌گذاری به ترتیب ۲۷ و ۲۵ درصد بوده است. مقدار PIN برآورد شده در صنعت واسطه‌گری ایران، بیشتر از مقدار گزارش شده ایزلی و همکاران (۲۰۰۲) برای بازار سهام آمریکا (حدود ۱۹/۱ درصد)، هوانگ و همکاران (۲۰۱۳) برای بازار سهام کره‌جنوبی (۲۰/۱ درصد) و نزدیک به برآورد مارتینز و پائلو (۲۰۱۴) برای بازار سهام برزیل (۲۵ درصد) می‌باشد. مقدار PIN برآورد شده در مقاله حاضر بیشتر از مقادیر برآورد شده در مقالات طالبلو و همکاران (۱۳۹۸) و دولو و عزیزی (۱۳۹۶) است که به ترتیب ۲۳ درصد و ۱۹ درصد ذکر کرده‌اند که به نظر می‌رسد دلیل اصلی این اختلاف، ریشه در تفاوت دوره و شرکت‌های مورد بررسی داشته باشد.

دو- مقدار AdjPIN با دو روش EM و ML در بخش مالی طی ۲۷ فصل مورد بررسی، در محدوده ۱۶ تا ۲۹ درصد در نوسان بوده و به طور متوسط بالغ بر ۲۱ درصد است. طبق دو معیار مذکور،

کمترین سطح از عدم تقارن اطلاعات به گروه سرمایه‌گذاری (حدود ۲۰ درصد) و بیشترین سطح از عدم تقارن اطلاعات به زیربخش بیمه (حدود ۲۲ درصد) تعلق دارد.

سه- در سال ۱۳۹۹ و با شکل‌گیری حباب در بازار سهام ایران، میزان عدم تقارن اطلاعات در بخش واسطه‌گری مالی و ۴ زیربخش آن به شدت افزایش یافته است به طوری‌که طبق دو روش PIN، عدم تقارن اطلاعات در سال ۱۳۹۹ بیش از ۱/۵ برابر سایر دوره‌ها بوده است. یافته‌ها در دو روش AdjPIN نیز تکرار شده است و عدم تقارن اطلاعات حدوداً ۱/۲ برابری در سال ۱۳۹۹ نسبت به سایر دوره‌ها مشاهده می‌شود.

چهار- بخش‌های بانک و سرمایه‌گذاری (با مجموع ارزش بازاری حدوداً ۱۱ درصدی از بازار سهام کشور)، عدم تقارن اطلاعات کمتری را در مقایسه با بخش‌های بیمه و لیزینگ (با مجموع ارزش بازاری ۰/۵ درصدی از بازار سهام) تجربه نموده‌اند.

پنج- مشاهدات در سطح شرکت‌ها نیز مشابه با یافته‌ها در سطح زیربخش‌ها است به طوری‌که شرکت‌هایی با سهم بازاری بالا (نظیر بانک تجارت، بانک ملت، بیمه ما، بیمه البرز، سرچشمه، لیزینگ سایپا)، عدم تقارن اطلاعات به مراتب کمتری را در مقایسه با شرکت‌هایی با سهم بازاری اندک (نظیر بانک دی، بیمه کارآفرین، سرمایه‌گذاری کوثر بهمن، لیزینگ پارسیان) تجربه می‌کنند.

با عنایت به اینکه از یک سو شدت عدم تقارن اطلاعات در ایران نسبت به مقادیر برآورد شده در سایر کشورهای خارجی بالا بوده و در زمان شکل‌گیری حباب در بازار سهام، به شدت افزایش می‌یابد و از سوی دیگر، اطلاعات خصوصی در سطح زیربخش‌هایی با سهم بازاری اندک (لیزینگ) و شرکت‌های کوچکتر (بانک سینا، بانک دی، بیمه کارآفرین، سرمایه‌گذاری کوثر بهمن، لیزینگ پارسیان و ...) بیشتر است، پیشنهاد سیاستی آن است که نظارت و کنترل بیشتری روی شرکت‌ها و صنایع کوچک توسط سازمان بورس اوراق بهادار اعمال گردد و از طریق انتشار سریع اطلاعات اثرگذار بر سودهای جاری و آتی شرکت، شفافیت اطلاعاتی را در این شرکت‌ها ارتقا بخشید. با عنایت به یافته‌های مقالات طالبلو و مهاجری (۱۴۰۱)، مهاجری و طالبلو (۱۴۰۱) و طالبلو و مهاجری (۱۳۹۹) مبنی بر افزایش شدت سرریز تلاطمات در بازار سهام ایران طی سال‌های اخیر به نظر می‌رسد تحلیل تأثیر عدم تقارن اطلاعات بر ریسک‌های سیستمی در بازار سهام ایران از موضوعات مهمی است که می‌تواند اهمیت و نقش عدم تقارن اطلاعات را در بازار سهام بیش از

پیش روشن سازد. همچنین، به منظور انجام پژوهش‌های تکمیلی آتی می‌توان بر تحلیل کارایی و اثربخشی به‌کارگیری برخی سیاست‌ها خصوصاً استفاده از محدودیت‌های معاملاتی از قبیل محدودیت‌های حجمی و دامنه نوسان قیمت متمرکز شد. لازم به ذکر است که سیاست‌های مذکور در کشورهای مختلف با هدف کاهش عدم تقارن اطلاعات و ارتقای اعتماد سرمایه‌گذاران خرد اعمال شده و انجام پژوهش‌های آتی می‌تواند کمک شایانی در تدوین و کاربست سیاست‌های بهینه محسوب گردد.

فهرست منابع:

Akerlof, G. A. (1970). The Market for ‘Lemons’: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, 84 (3), 488-500.

Aslan, H., Easley, D., Hvidkjaer, S., & O’Hara, M. (2011). The Characteristics of Informed Trading: Implications for Asset Pricing. *Journal of Empirical Finance*, 18, 782-801.

Atilgan, Y. (2014). Volatility Spreads and Earnings Announcement Returns. *Journal of Banking and Finance*, 38, 205-215.

Berkman, H., Koch, P.D., Westerholm, P.J. (2014). Informed Trading through the Accounts of Children. *Journal of Finance*, 69(1), 363–404.

Bongaerts, D., Rösch, D. & Van Dijk, M.A. (2014). Cross-Sectional Identification of Informed Trading. *SSRN Electronic Journal*.

Brown, S., Hillegeist, S. A., & Lo, K. (2008). The Effect of Earnings Surprises on Information Asymmetry. *Journal of Accounting and Economics*, 47 (3), 208-225.

Brown, S. & Hillegeist, S.A. (2007). How Disclosure Quality Affects the Level of Information Asymmetry. *Review Accounting Studies*, 12(2–3), 443–477.

Brown, S., Hillegeist, S.A. & Lo, K. (2004). Conference Calls and Information Asymmetry. *Journal of Accounting and Economics*, 37(3), 343–366.

Cepoi, C.O., Dragota, V., Trifan, R. & Lordache, A. (2023). Probability of Informed Trading during the COVID-19 Pandemic: the Case of the Romanian Stock Market. *Financial Innovation*, 9(34), 1-27.

Chang, S.S., Chang, V.L. & Wang, F.A. (2014), A Dynamic Intraday Measure of the Probability of Informed Trading and Firm-Specific Return Variation. *Journal of Empirical Finance*, 29, 80–94.

Chen, Y., & Zhao, H. (2012). Informed Trading, Information Uncertainty, and Price Momentum. *Journal of Banking and Finance*, 36(7), 2095-2109.

Cruces, J. J., & Kawamura, E. (2005). Insider Trading and Corporate Governance in Latin America. *Research Network Working Paper*, R-513, Inter-American Development Bank.

Davallou, M. & Azizi, N. (2017). The Investigation of Information Risk Pricing; Evidence from Adjusted Probability of Informed Trading Measure. *Financial Research Journal*, 19(3), 415-438. (In Persian)

Dennis, P.J. and Weston, J. (2001). Who's Informed? An Analysis of Stock Ownership and Informed Trading. American Finance Association 2002 Atlanta Meetings, Chicago, IL.

Duarte, J. & Young, L. (2009). Why Is Pin Priced? *Journal of Financial Economics,* 91(2), 119–138.

Duarte, J., Han, X., Harford, J. & Young, L. (2008). Information Asymmetry, Information Dissemination and the Effect of Regulation FD on the Cost of Capital. *Journal of Financial Economics*, 87(1), 24–44.

Easley D., & O'Hara, M. (1992). Time and the Process of Security Price Adjustment. *Journal of Finance*, 47(2), 577–605

Easley D., Kiefer NM, O'Hara M, Paperman JB (1996) Liquidity, Information, and Infrequently Traded stocks. *The Journal of Finance,* 51(4), 1405.

Easley, D., Kiefer, N.M. & O'Hara, M. (1997). The Information Content of the Trading Process. *Journal of Empirical Finance*, 4(2-3), 159–186.

Easley, D., O'Hara, M. & Paperman, J.B. (1998). Financial Analysts and Information-Based Trades. *Journal of Financial Markets*, 1(2), 175–201.

Easley, D., O'Hara, M. & Saar, G. (2001). How Stock Splits Affect Trading: A Microstructure Approach. *The journal of Financial and Quantitative Analaysis.*, 36(1), 25–51.

Easley, D., Hvidkjaer, S. & O'Hara, M. (2002). Is Information Risk a Determinant of Asset Returns? *The Journal of Finance*, 57(5), 2185–2221.

Easley, D., Hvidkjaer, S. & O'Hara, M. (2010). Factoring Information into Returns. *Journal of Financial and Quanti- tative Analysis*, 45(2), 293–309.

Ellul, A. & Pagano, M. (2006). IPO Underpricing and after-Market Liquidity. *Review of Financial Studies,* 19(2), 381–421.

Ersan, O. (2016). Multilayer Probability of Informed Trading. *SSRN Electronic Journal*.

Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: a Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25 (2), 383-417

Fama, E. F. (1991). Efficient Capital Markets: II. *The Journal of Finance*, 46 (5), 1575-1617.

Ghachem M. & Ersan O. (2023). PINstimation: An R Package for Estimating Models of Probability of Informed Trading. *SSRN Electronic Journal.*

Gan, Q., Wei, W. C., & Johnstone, D. (2015). A Faster Estimation Method for the Probability of Informed Trading using Hierarchical Agglomerative Clustering. *Quantitative Finance*, 15(11), 1805-1821.

Ghachem M. & Ersan O. (2023). PINstimation: An R Package for Estimating Models of Probability of Informed Trading. *SSRN Electronic Journal.*

Guo, H. & Qiu, B. (2016). A Better Measure of Institutional Informed Trading. *Contemporary Accounting Research*, 33(2), 815–850.

Henry, T. R., Kisgen, D. J., & Wu, J. J. (2015). Equity Short Selling and Bond Rating Downgrades. *Journal of Financial Intermediation*, 24, 89-111.

Hsieh, W.l.G. & He, H.R. (2014). Informed Trading, Trading strategies and the Information Content of Trading Volume: Evidence from the Taiwan Index Options Market. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 31(1), 187–215.

Hwang, L. S., Lee, W. J., Lim, S. Y., & Park, K. H. (2013). Does Information Risk Affect the Implied Cost of Equity Capital? An Analysis of PIN and Adjusted PIN. *Journal of Accounting and Economics*, 55(2-3), 148-167.

Jayaraman, S., & Shuang Wu, J. (2020). Should I Stay or Should I Grow? Using Voluntary Disclosure to Elicit Market Feedback. *The Review of Financial Studies*, 33(8), 38543888.

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure. *Journal of Financial Economics*, 3 (4), 305-360.

Kang, M. (2010). Probability of Information-Based Trading and the January Effect. *Journal of Banking and Finance*, 34(12), 2985-2994.

Lee, C. M., & Ready, M. J. (1991). Inferring Trade Direction from Intraday Data. *The Journal of Finance*, 46(2), 733-746.

Leland, H. E., & Pyle, D. H. (1977). Information Asymmetries, Financial Structure, and Financial Intermediation. *The Journal of Finance*, 32(2), 371-387.

Ma, R., Marshall, B. R., Nguyen, H. T., Nguyen, N. H., & Visaltanachoti, N. (2022). Climate Events and Return Comovement. *Journal of Financial Markets*, 61, 100731.

Martins, O.S. & Paulo, E. (2014). Information Asymmetry in Stock Trading, Economic and Financial Characteristics and Corporate Governance in the Brazilian Stock Market. *Accounting & Finance Review*, 25(64), 33-45.

Meng X.L. & Rubin, D. B. (1993). Maximum Likelihood Estimation via the ECM Algorithm: A General Framework. *Biometrika*, 80(2), 267-278.

Mohajeri, P. & Taleblou, R. (2023). Investigating the Dynamic of Volatility Spillovers across Sector's Return Utilizing a Time-Varying Parameter Vector Autoregressive Connectedness Approach; Evidence from Iranian Stock Market. *Economic Research* (*Tahghighat-E-Eghtesadi*), 57(2), 321-359. (In Persian)

Ng, S.K., Krishnan, T. & McLachlan, G.J. (2012). The EM Algorithm. In: Handbook of Computational Statistics, Springer,139–172.

Odders-White, E. & Ready, M.J. (2006). Credit Ratings and Stock Liquidity. *Review of Financial Studies*, 19(1), 119–157.

Pan, J. & Poteshman, A.M. (2006). The Information in Option Volume for Future Stock Prices. *Review of Financial Studies*, 19(3), 871–908.

Taleblou, R. & Rahmaniani, M. (2017). Measuring Probability of Informed Trading in Tehran Stock Exchange. *Journal of Economic Modeling Reasearch*, 8(29), 73-98. (In Persian)

Taleblou, R., Shakeri, A. & Rahmaniani, M. (2019). Comparing Different Methods of Estimation for Probability of Informed Trading in Tehran Stock Exchange. *Iranian Journal of Economic Reasearch*, 24(78), 1-29. (In Persian)

Taleblou, R. & Mohajeri, P. (2021). Modeling the Transmission of Volatility in the Iranian Stock Market; Space-State Nonlinear Approach. *Economic Research*, 55(4), 963-990. (In Persian)

Taleblou, R. & Mohajeri, P. (2022). Connectedness and Risk Spillovers in Iranian Stock Market: Using TVP-VAR in a Sectoral Analysis. *Journal of Econometric Modeling*, 7(3), 95-125. (In Persian)

Taleblou, R. & Mohajeri, P. (2023). Measuring the Information Content of Stock Trade; Evidence from Iranian Capital Market. *Economic Research, 58(3)*, 433-1458. (In Persian)

Vega, C. (2006). Stock Price Reaction to Public and Private Information. *Journal of Financial Economics*, 82(1), 103-133.

Yan, Y. & Zhang, S. (2012). An Improved Estimation Method and Empirical Properties of the Probability of Informed Trading. *Journal of Banking and Finance*, 36 (2), 454–467.

Yin, X. & Zhao, J. (2015). A hidden Markov Model Approach to Information-Based Trading: Theory and Applications. *Journal of Applied Econometrics*, 30(7), 1210–1234.