

Vedenje velikih jezikovnih modelov v napovednih trgih z različnimi udeleženci

Marjan Meglen
Univerza na Primorskem, FAMNIT
Koper, Slovenija
89242035@student.upr.si

Povzetek—V tej nalogi je analizirano vedenje velikega jezikovnega modela v nalogi napovedovanja izidov na napovednih trgih. Osrednje vprašanje je, ali se napovedi modela spreminjajo glede na informacije, ki jih model prejme v pozivu. Eksperiment vključuje tri neodvisne spremenljivke: vrsto drugih udeležencev trga, prikaz trenutnih tržnih verjetnosti in prikaz relevantnih novic. Odvisna spremenljivka je napovedana verjetnost p_{yes} , ki jo model pripiše razrešitvi trga v izid YES. Posebna pozornost je namenjena vrsti drugih udeležencev, saj raziskava izhaja iz dela Kim, kjer je bilo pokazano, da veliki jezikovni modeli v strateških igrah razlikujejo med človeškimi in umetnimi agenti. Rezultati kažejo, da ima prikaz tržnih verjetnosti najmočnejši in najbolj konsistenten vpliv na napovedi modela. Novice imajo prav tako izrazit, vendar tržno specifičen učinek. Vrsta drugih udeležencev vpliva na napovedi šibkeje in manj konsistentno, kar nakazuje, da se učinek takšne predstavitve v napovednih trgih pojavlja manj izrazito kot v neposrednih strateških igrah.

I. UVOD

Napovedni trgi so sistemi, v katerih udeleženci trgujejo z izidi prihodnjih dogodkov. Pri binarnih trgih se cena pogodbe za izid YES pogosto interpretira kot tržna ocena verjetnosti, da se bo dogodek zgodil. Takšna cena ni zgolj številčni podatek, temveč rezultat agregacije informacij, pričakovanj in odločitev udeležencev trga [2], [3]. Zato se pri uporabi velikih jezikovnih modelov v takšnem okolju pojavi vprašanje, kako model interpretira tržni signal, ki mu je predstavljen v pozivu.

Veliki jezikovni model lahko tržno verjetnost obravnava predvsem kot neposreden numerični signal. Lahko pa jo razume tudi kot oceno, ki so jo oblikovali drugi udeleženci trga. V tem primeru postane pomembno, kako so ti udeleženci opisani. Če je ista tržna verjetnost predstavljena kot rezultat trgovanja ljudi, LLM agentov ali neopredeljenih udeležencev, se lahko modelova interpretacija zanesljivosti oziroma racionalnosti tega signala spremeni. Osrednji problem te naloge je zato ugotoviti, ali se verjetnostne napovedi modela spreminjajo glede na informacijo o drugih udeležencih trga.

Motivacija za to vprašanje izhaja iz članka Kim, *LLMs Position Themselves as More Rational Than Humans* [1]. Avtor v strateških igrah primerja odzive velikih jezikovnih modelov v primerih, ko so drugi akterji predstavljeni kot ljudje, in v primerih, ko so predstavljeni kot AI sistemi. Rezultati kažejo, da modeli teh skupin ne obravnavajo nujno enako, saj AI sisteme pogosto ocenjujejo kot bolj racionalne od ljudi. Če se podobno razlikovanje pojavi tudi pri napovednih trgih, bi to pomenilo, da model tržne verjetnosti ne interpretira neodvisno od opisa udeležencev, ki naj bi jih oblikovali.

V tej nalogi je zato preučeno vedenje velikega jezikovnega modela pri napovedovanju izidov izbranih napovednih trgov. Model za posamezen trg in datum prejme poziv z vprašanjem trga, datumom, datumom razrešitve in odvisno od konfiguracije še s trenutno tržno verjetnostjo, relevantnimi novicami ter opisom drugih udeležencev. Drugi udeleženci so lahko predstavljeni kot človeški trgovci, kot LLM agenti ali pa niso posebej opredeljeni. Odgovor modela je verjetnost p_{yes} , ki označuje njegovo oceno, da se bo trg razrešil v izid YES.

Glavno raziskovalno vprašanje naloge je:

Kako se napovedi velikega jezikovnega modela v napovednih trgih spreminjajo glede na vrsto drugih udeležencev, prikaz tržnih verjetnosti in prikaz novice?

Namen naloge je empirično preveriti, katere informacije v pozivu najbolj vplivajo na napovedi modela. Pri tem so preučene tri neodvisne spremenljivke: prikaz informacije o drugih udeležencih trga, prikaz trenutnih tržnih verjetnosti in prikaz relevantnih novic. Posebna pozornost je namenjena prvi spremenljivki, saj neposredno preverja, ali model isto okolje napovednega trga različno interpretira glede na to, ali so drugi udeleženci predstavljeni kot ljudje, kot LLM agenti ali pa niso posebej opisani.

II. TEORETIČNO OZADJE

A. Veliki jezikovni modeli kot napovedovalni agenti

Veliki jezikovni modeli ustvarjajo odgovore na podlagi vzorcev, naučenih iz velikih količin besedilnih podatkov. Kljub temu se v praksi pogosto uporabljajo v nalogah, kjer morajo podati oceno, izbiro ali odločitev. Pri tem je pomembno, da je izhod modela občutljiv na formulacijo naloge in na informacije, vključene v poziv. Tudi majhne spremembe v opisu naloge lahko spremenijo način, kako model strukturira svoj odgovor.

V tej nalogi je model uporabljen kot napovedovalni agent. Za vsak trg in vsak dan prejme poziv, ki vsebuje izbrane informacije o trgu, nato pa mora vrniti oceno verjetnosti, da se trg razreši v izid YES. Takšna uporaba ni enaka klasičnemu statističnemu modelu, saj LLM ni neposredno naučen na konkretnih tržnih časovnih vrstah. Njegova napoved je rezultat interpretacije besedilnega poziva, številčnih signalov in novic.

B. Strateško sklepanje in drugi udeleženci

V strateških situacijah odločitev posameznega agenta ni odvisna samo od stanja sveta, temveč tudi od pričakovanega vedenja drugih agentov. Če model meni, da so drugi udeleženci zelo racionalni, lahko poda drugačno napoved, kot če meni, da so drugi udeleženci človeški in zato potencialno bolj pristranski ali manj dosledni.

Kim to vprašanje preučuje s pomočjo game-theory eksperimenta, v katerem so modeli postavljeni v igro z različnimi tipi nasprotnikov [1]. Ključna ideja ni zgolj, ali model izbere pravilno strategijo, temveč ali svojo strategijo prilagodi glede na opis nasprotnika. Sorodne raziskave kažejo, da je strateško vedenje LLM-jev odvisno tako od strukture igre kot od kontekstualnega okvirja, v katerem je naloga predstavljena [4].

Napovedni trgi niso neposredna igra, kot je *Guess 2/3 of Average*, vendar vseeno vsebujejo strateški element. Tržna cena je rezultat vedenja drugih udeležencev. Če modelu povemo, da so drugi udeleženci ljudje ali LLM agenti, mu s tem posredno podamo informacijo o izvoru tržne ocene.

C. Napovedni trgi

Napovedni trgi so trgi, na katerih se trguje s pogodbami, katerih vrednost je vezana na prihodnji dogodek. Pri binarnem trgu pogodba za izid YES izplača določeno vrednost, če se dogodek zgodi, sicer pa ne. Cena takšne pogodbe se pogosto uporablja kot ocena verjetnosti dogodka. Če se pogodba YES prodaja po ceni 0.70, lahko to interpretiramo kot približno 70-odstotno tržno oceno verjetnosti.

Wolfers in Zitewitz napovedne trge obravnavata kot mehanizem agregacije razpršenih informacij [2]. V kasnejšem delu opozarjata, da interpretacija cen kot verjetnosti zahteva določene predpostavke, vendar so cene pogosto koristne približne ocene povprečnih prepričanj udeležencev [3]. V tej nalogi so tržne verjetnosti uporabljene kot eden izmed možnih vhodnih signalov za LLM.

III. METODOLOGIJA

A. Raziskovalna zasnova

Eksperiment je zasnovan kot primerjava napovedi modela pod različnimi konfiguracijami poziva. Vključene so bile tri neodvisne spremenljivke:

- vrsta drugih udeležencev: llms, humans ali none,
- prikaz tržnih verjetnosti: da ali ne,
- prikaz novic: da ali ne.

Odvisna spremenljivka je bila vrednost p_{yes} , tj. verjetnost, ki jo je model pripisal razrešitvi trga v izid YES. Ker ima prva spremenljivka tri vrednosti, drugi dve pa po dve vrednosti, je bilo skupaj uporabljenih $3 \times 2 \times 2 = 12$ konfiguracij.

B. Podatki

V eksperimentu je bilo uporabljenih šest napovednih trgov. Za vsak trg je bilo analiziranih 20 dni pred razrešitvijo trga. Za vsak dan so bile uporabljene dnevne tržne verjetnosti YES in NO, zbrane iz zgodovine cen na Polymarket CLOB API, ki omogoča dostop do časovnih vrst cen za posamezne tržne

tokene [5]. Poleg tega so bili zbrani novičarski članki iz več virov. Za izbor relevantnih člankov so bili uporabljeni embeddingi, pri čemer so bili članki razvrščeni glede na podobnost med naslovom članka in vprašanjem trga.

Končni eksperimentalni nabor vsebuje 6 trgov, 12 konfiguracij in 20 dnevni napovedi na vsak par trg–konfiguracija. Skupaj je bilo analiziranih 1440 napovedi.

C. Gradnja poziva

Za vsak trg, datum in konfiguracijo je bil zgrajen poziv za model. Poziv je vedno vseboval osnovno navodilo, vprašanje trga, trenutni datum in datum razrešitve. Glede na konfiguracijo so bili nato dodani še dodatni deli.

Če je konfiguracija vključevala informacijo o drugih udeležencih, je bil v poziv dodan stavek, da so drugi udeleženci trga LLM agenti oziroma človeški trgovci. Če je bila vrednost spremenljivke none, takšna informacija ni bila podana. Če je konfiguracija vključevala tržne verjetnosti, sta bili v poziv dodani trenutni vrednosti YES in NO. Če je konfiguracija vključevala novice, so bili dodani relevantni članki, ki so bili na voljo do trenutnega dne.

Model je moral odgovoriti v obliki veljavnega JSON objekta z dvema poljema: kratko obrazložitvijo in vrednostjo `probability_yes`. S tem je bilo mogoče avtomatsko razčleniti odgovore in jih uporabiti v statistični analizi.

D. Izvedba eksperimenta

Za vsak trg je program zaporedno obdelal vseh 20 dnevnih vrstic. Pri vsaki vrstici je izbral novice, ki so bile vidne do trenutnega dne, zgradil poziv glede na konfiguracijo, poklical LLM in shranil rezultat. Model je bil uporabljen z deterministično nastavitvijo temperature 0. Poleg napovedi p_{yes} je bila shranjena tudi celotna uporabljena vsebina poziva, kar omogoča kasnejši pregled vhodnih informacij.

E. Analiza rezultatov

Rezultati so bili analizirani z opisnimi statistikami in parnimi t-testi. Opisne statistike so bile izračunane po trgih, konfiguracijah in posameznih neodvisnih spremenljivkah. Parni t-testi so bili izvedeni ločeno po trgih. Par je bil definiran z istim trgom in istim datumom, pri čemer se je spremenila samo primerjana konfiguracija.

Takšna zasnova omogoča neposredne primerjave med konfiguracijami. Na primer, učinek informacije o drugih udeležencih je bil ocenjen s primerjavami llms proti humans, llms proti none in humans proti none, pri čemer sta bila prikaz tržnih verjetnosti in prikaz novic ohranjena nespremenjena.

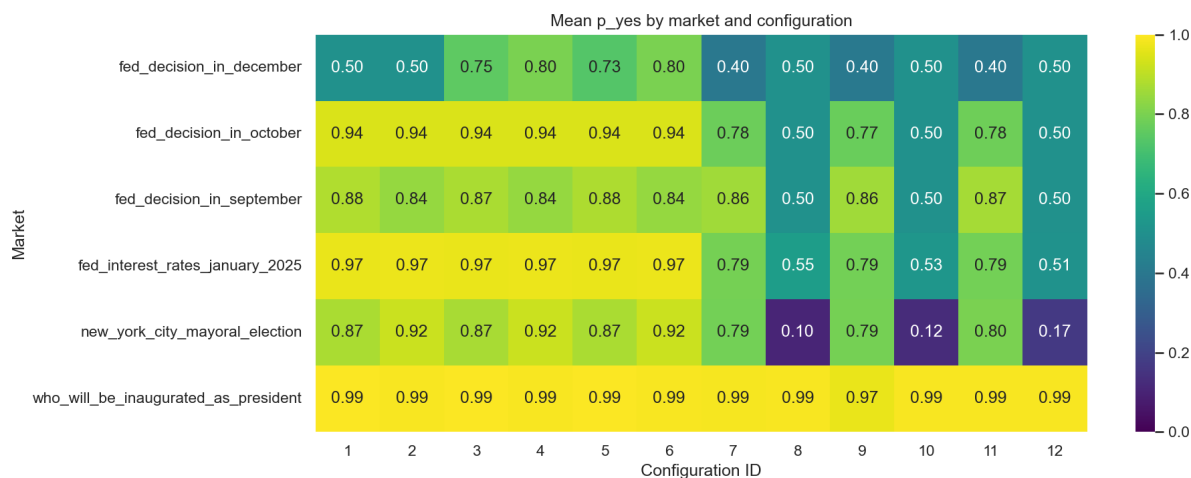
IV. REZULTATI

A. Pregled po konfiguracijah

Na sliki 1 so prikazane povprečne vrednosti p_{yes} po trgih in konfiguracijah. Vizualizacija pokaže, da se napovedi razlikujejo tako med trgi kot med konfiguracijami. Pri nekaterih trgih so napovedi v skoraj vseh konfiguracijah visoke, pri drugih pa so razlike med konfiguracijami bistveno večje.

Tabela I
EKSPERIMENTALNE KONFIGURACIJE.

Konfiguracija	Tržne verjetnosti	Novice	Drugi udeleženci
1	da	da	LLM agenti
2	da	ne	LLM agenti
3	da	da	ljudje
4	da	ne	ljudje
5	da	da	brez navedbe
6	da	ne	brez navedbe
7	ne	da	LLM agenti
8	ne	ne	LLM agenti
9	ne	da	ljudje
10	ne	ne	ljudje
11	ne	da	brez navedbe
12	ne	ne	brez navedbe



Slika 1. Povprečni p_{yes} po trgih in konfiguracijah.

Na sliki 2 so prikazane napovedi skozi čas. Tudi tukaj je razvidno, da nekatere konfiguracije sledijo podobnim vzorcem, medtem ko se druge izrazito ločijo. Posebej izrazite razlike se pojavijo takrat, ko model ne vidi tržnih verjetnosti, saj je takrat bolj odvisen od drugih informacij v pozivu.

B. Vpliv vrste drugih udeležencev

Osrednji del analize je primerjava napovedi glede na vrsto drugih udeležencev. V vseh primerjavah sta bila ostala pogoja ohranjena enaka, zato so primerjave izolirale samo razliko med predstavitvijo drugih udeležencev.

Rezultati kažejo, da je učinek vrste drugih udeležencev šibek in nekonsistenten. Med 72 parnimi primerjavami, povezanimi z vrsto udeležencev, so bile statistično značilne le tri. Mediana absolutne razlike med primerjanima konfiguracijama je znašala približno 0.001, povprečna absolutna razlika pa približno 0.006. To pomeni, da so bile razlike v večini primerov majhne.

Tabela II
STATISTIČNO ZNAČILNE PRIMERJAVE ZA VRSTO DRUGIH UDELEŽENCEV.

Trg	Primerjava	Δp_{yes}	p
December Fed	LLM – ljudje	-0.026	0.032
September Fed	LLM – ljudje	0.007	0.020
January rates	LLM – brez navedbe	0.047	0.001

Prvi dve značilni primerjavi sta se pojavili v pogojih, kjer so bile prikazane tako tržne verjetnosti kot novice. V enem primeru je bila napoved pri predstavitvi LLM udeležencev nižja kot pri predstavitvi ljudi, v drugem pa višja. To kaže, da smer učinka ni stabilna. Tretja značilna primerjava se je pojavila pri pogoju brez tržnih verjetnosti in brez novic, kjer je bila napoved pri LLM udeležencih višja kot pri pogoju brez navedbe udeležencev.

Ti rezultati ne podpirajo močne trditve, da model v napovednih trgih sistematično razlikuje med človeškimi in umetnimi udeleženci. Kažejo pa, da se učinek lahko pojavi v posameznih trgih ali konfiguracijah.

C. Vpliv prikaza tržnih verjetnosti

Najmočnejši učinek v eksperimentu je imel prikaz tržnih verjetnosti. Med 36 parnimi primerjavami za ta pogoj jih je bilo 29 statistično značilnih. Mediana absolutne razlike je znašala približno 0.241, povprečna absolutna razlika pa približno 0.259. To je bistveno več kot pri primerjavah vrste drugih udeležencev.

Ta rezultat kaže, da model močno upošteva eksplicitno podane tržne verjetnosti. Ko so te informacije prikazane, se napovedi pogosto približajo tržnemu signalu. To je pričakovano, saj so tržne verjetnosti neposreden številčni signal o verjetnosti dogodka. Hkrati pa to pomeni, da lahko prikazane tržne verjetnosti zasenčijo šibkejše informacije, kot je opis drugih udeležencev.

D. Vpliv prikaza novic

Novice so imele prav tako izrazit vpliv, vendar manj enoten kot tržne verjetnosti. Med 36 parnimi primerjavami za prikaz novic jih je bilo 30 statistično značilnih. Mediana absolutne razlike je znašala približno 0.051, povprečna absolutna razlika pa približno 0.151.

Za razliko od tržnih verjetnosti učinek novic ni imel enotne smeri. Pri nekaterih trgih so novice zvišale p_{yes} , pri drugih so ga znižale. To je smiselno, saj novice niso generični signal, temveč vsebinska informacija, ki je odvisna od konkretnega dogodka. Novice so bile posebej pomembne v konfiguracijah, kjer tržne verjetnosti niso bile prikazane, saj je bil model takrat bolj odvisen od besedilnih informacij.

V. DISKUSIJA

Rezultati kažejo, da se vedenje velikega jezikovnega modela v napovednih trgih spreminja glede na informacije v pozivu, vendar spremembe niso enako močne za vse tri neodvisne spremenljivke. Najmočnejši vpliv ima prikaz tržnih verjetnosti, sledijo novice, medtem ko je vpliv vrste drugih udeležencev bistveno šibkejši.

To je pomembno v povezavi z motivacijskim člankom Kim [1]. Tam je osrednja ugotovitev, da LLM-ji v strateški igri razlikujejo med tipi nasprotnikov in se pogosto predstavijo kot bolj racionalni od ljudi. V tej nalogi je bilo preverjeno sorodno vprašanje, vendar v drugačnem okolju. Napovedni trg ni neposredna strateška igra, kjer mora agent izbrati potezo glede na pričakovane poteze drugih igralcev. Namesto tega model ocenjuje verjetnost prihodnjega dogodka na podlagi informacij. Zato je možno, da informacija o drugih udeležencih nima tako neposrednega vpliva kot v igri, kjer je strateško modeliranje drugih igralcev osrednji del naloge.

Druga razlaga je, da številčne tržne verjetnosti delujejo kot zelo močan sidrni signal. Če model vidi trenutno verjetnost YES, lahko to interpretira kot agregirano mnenje trga in ji pripiše veliko težo. V takem primeru postane manj pomembno, ali so drugi udeleženci predstavljeni kot ljudje ali LLM agenti. To je vidno tudi v rezultatih: konfiguracije z enakimi tržnimi verjetnostmi in brez novic so pogosto vodile do skoraj enakih napovedi ne glede na opis udeležencev.

Novice imajo drugačno vlogo. Ne predstavljajo agregiranega številčnega signala, temveč vsebinsko informacijo o dogodku. Zato njihov vpliv ni nujno enosmeren. Pri nekaterih trgih novice okrepijo prepričanje v izid YES, pri drugih ga zmanjšajo. To kaže, da model novice uporablja kot semantični signal, vendar je učinek odvisen od konkretnega trga in izbranih člankov.

Pomembna omejitev raziskave je, da je bil uporabljen omejen nabor trgov in ena osnovna oblika poziva. Prav tako je bil analiziran en model, zato rezultatov ni mogoče neposredno posplošiti na vse velike jezikovne modele. Poleg tega so bili testi izvedeni ločeno po trgih in konfiguracijah, kar omogoča jasne parne primerjave, vendar ne zajame vseh možnih interakcij med spremenljivkami. V prihodnjem delu bi bilo smiselno uporabiti več modelov, več trgov, več ponovitev in dodatne formulacije stavkov o drugih udeležencih.

VI. ZAKLJUČEK

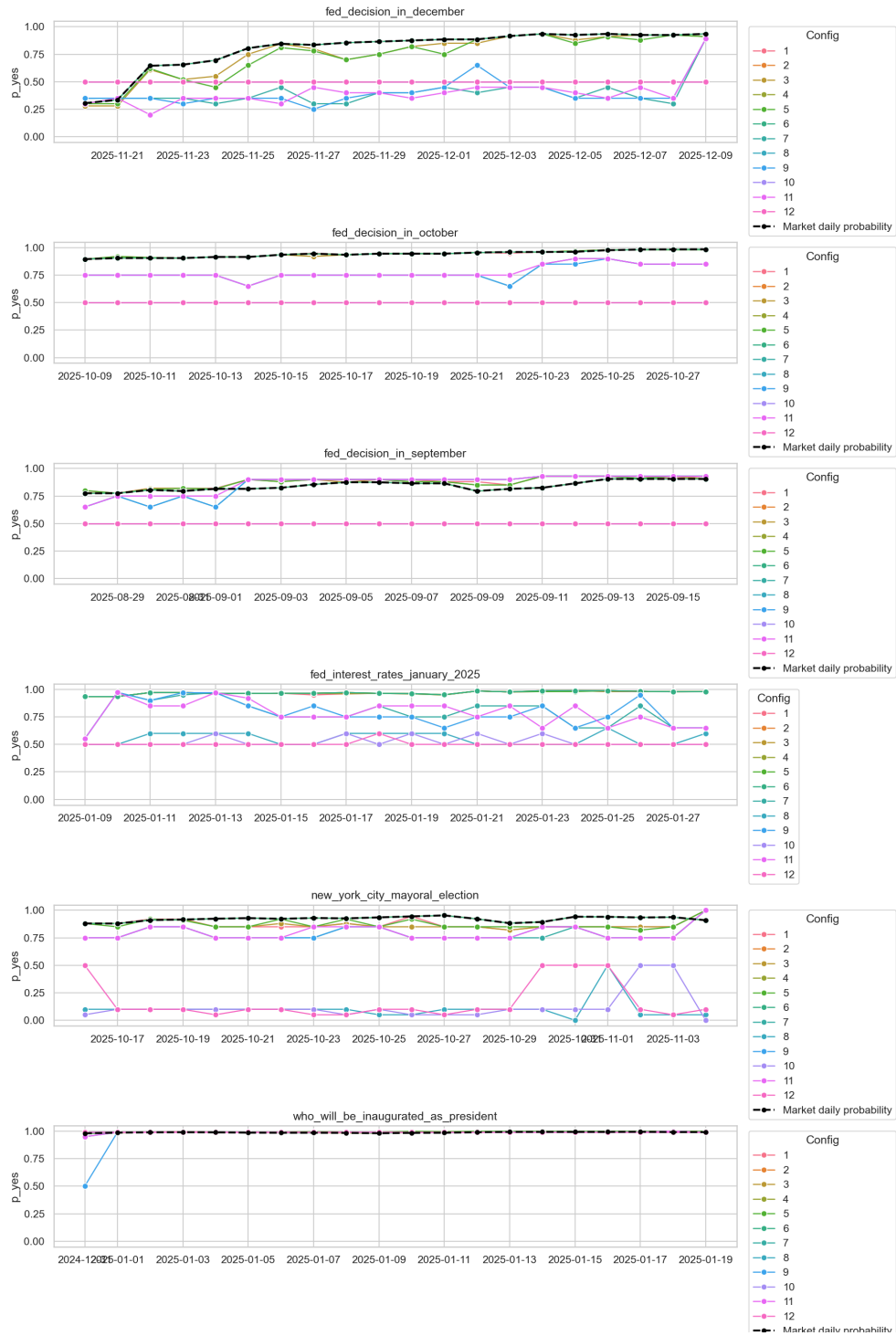
V nalogi je bilo analizirano vedenje velikega jezikovnega modela v napovednih trgih pod 12 eksperimentalnimi konfiguracijami. Preučene so bile tri neodvisne spremenljivke: vrsta drugih udeležencev, prikaz tržnih verjetnosti in prikaz novic. Odvisna spremenljivka je bila napovedana verjetnost p_{yes} .

Rezultati kažejo, da ima prikaz tržnih verjetnosti najmočnejši in najbolj konsistenten vpliv na napovedi modela. Novice imajo prav tako pomemben, vendar bolj tržno specifičen vpliv. Vrsta drugih udeležencev ima šibkejši in manj konsistenten učinek. To pomeni, da se motivacija iz Kimovega članka v tem okolju pojavi le delno: model se v nekaterih primerih odzove na informacijo o drugih udeležencih, vendar ta učinek ni osrednji dejavnik napovedi.

Glavna ugotovitev je, da so LLM napovedi v napovednih trgih najbolj občutljive na neposredne informacije o trgu in dogodku. Informacija o tem, kdo so drugi udeleženci, je lahko relevantna, vendar v tej zasnovi ne prevlada nad številčnimi tržnimi verjetnostmi in vsebinskimi novicami.

LITERATURA

- [1] K.-H. Kim, "LLMs Position Themselves as More Rational Than Humans: Emergence of AI Self-Awareness Measured Through Game Theory," arXiv preprint arXiv:2511.00926, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2511.00926.
- [2] J. Wolfers and E. Zitzewitz, "Prediction Markets," *Journal of Economic Perspectives*, vol. 18, no. 2, pp. 107–126, 2004. doi: 10.1257/0895330041371321.
- [3] J. Wolfers and E. Zitzewitz, "Interpreting Prediction Market Prices as Probabilities," NBER Working Paper 12200, 2006. doi: 10.3386/w12200.
- [4] N. Lorè and B. Heydari, "Strategic behavior of large language models and the role of game structure versus contextual framing," *Scientific Reports*, vol. 14, article 18490, 2024. doi: 10.1038/s41598-024-69032-z.
- [5] Polymarket, "Historical Timeseries Data," Polymarket Documentation, 2026. [Online]. Available: <https://docs.polymarket.com/developers/CLOB/timeseries>



Slika 2. p_{yes} skozi čas po trgih in konfiguracijah.