

# Ličnost i reakcija na iznenadni događaj: Efekti načina modeliranja fizioloških reakcija

---

**Tončić, Marko**

*Source / Izvornik:* **Psihologijske teme, 2020, 29, 729 - 751**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

<https://doi.org/10.31820/pt.29.3.12>

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:573065>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



## Ličnost i reakcija na iznenadni događaj: Efekti načina modeliranja fizioloških reakcija

Marko Tončić

Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet, Odsjek za psihologiju, Rijeka, Hrvatska

---

### Sažetak

Cilj je ovoga istraživanja bio ispitati interindividualne razlike u elektrodermalnim reakcijama na iznenadni podražaj. Za ispitivanje toga cilja korištene su različite metode procjene elektrodermalne reakcije. Procjena reakcije kao jednostavna razlika prosječne elektrodermalne razine prije i poslije podražaja uspoređena je s pristupima koji modeliraju krivulju elektrodermalne reakcije kroz vrijeme. Ispitana je povezanost takve reakcije, modelirane na različite načine, s upitničkim mjerama osobina ličnosti. U istraživanju je sudjelovalo 97 studenata u dobi od 18 do 28 godina, većinom ženskoga spola (60 %). Svaki je ispitanik ispunio kratku mjeru neuroticizma i ekstraverzije iz Petofaktorskoga inventara ličnosti (BFI; John i sur., 1991, 2008) te je sudjelovao u jednome laboratorijskome mjerenju elektrodermalne reakcije na iznenadni događaj u trajanju od 8 minuta. Elektrodermalna aktivnost modelirala se na tri načina: 1) kao razlika u reakcijama prije i poslije podražaja; 2) uključujući i linearne efekte vremena; 3) uključujući i kvadratne efekte vremena. Ishodi takvoga modeliranja korelirani su s upitničkim mjerama neuroticizma i ekstraverzije. Rezultati su pokazali da uzimajući u obzir efekte protoka vremena sama procjena krivulje elektrodermalne aktivnosti značajno bolje pristaje stvarnim izmjerenim podacima. Isto tako, procjene elektrodermalne reakcije koje uzimaju u obzir efekte protoka vremena rezultiraju višim prosječnim razinama i većim interindividualnim varijabilitetom. Tako modelirana elektrodermalna reakcija (linearno i kvadratno) pokazuje nešto blago više i značajne pozitivne korelacije s neuroticizmom, iako su razlike između različitih načina modeliranja relativno male. Dobiveni rezultati podupiru ideju o većoj pobudljivosti vezanoj uz crtu neuroticizma. Iako su korelacije iznimno male, ne odstupaju od onih dobivenih u drugim istraživanjima, pogotovo jer je riječ o jednome mjerenju (Stemmler i Wacker, 2010). S obzirom na intenzitet reakcije, moguće je da pobudljivost vezana uz neuroticizam i nije specifično vezana za valenciju podražaja koji tu reakciju pobuđuje. Rezultati također pokazuju da se i na malome uzorku i korištenjem samo jednoga mjerenja, uz adekvatno modeliranje elektrodermalne aktivnosti, može detektirati povezanosti s osobinama ličnosti.

*Cljučne riječi:* neuroticizam, ekstraverzija, elektrodermalna reakcija, hijerarhijsko linearno modeliranje

---

✉ Marko Tončić, Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet, Odsjek za psihologiju, Sveučilišna avenija 4, 51000 Rijeka. E-pošta: [mtoncic@ffri.hr](mailto:mtoncic@ffri.hr)

Ovaj je rad financiran sredstvima hrvatskoga Ministarstva znanosti i obrazovanja potporom br. 009-0342618-2193 i Sveučilišta u Rijeci potporom br. 13.04.1.3.05.

## Uvod

Reakcije na svakodnevne događaje variraju od osobe do osobe. Isti će podražaj kod nekih osoba izazvati blagu reakciju, dok će kod drugih reakcija biti burna. Interindividualne razlike u tim reakcijama ili, bolje rečeno, pravilnosti u interindividualnim razlikama u takvim reakcijama određuju emocionalnu reaktivnost (Tellegen, 1985). Takve se razlike ne odnose samo na magnitudu reakcije već su vezane i s brzinom povratka na osnovnu razinu (homeostazu). Nekoliko je istraživanja pokazalo da je emocionalna reaktivnost, posebno na negativne emocionalne podražaje, važan faktor u etiologiji anksioznosti i općenito poremećaja raspoloženja (Larsen i Ketelaar, 1991; Leen-Feldner i sur., 2004; Zvolensky i sur., 2001). Emocionalna reaktivnost povijesno je vezana za razne konstrukte, npr. pobudljivost (engl. *arousability*) (Gray, 1967), reaktivnost (engl. *reactivity*) (Strelau, 1982), snagu živčanoga sustava (engl. *nervous system strength*) (Nebylitsyn, 1972). Ta konzistencija u reagiranju rezultira konzistentnim obrascima emocionalnoga funkcioniranja koji su vidljivi u longitudinalnim istraživanjima (Diener i sur., 1985; Larsen i sur., 1986). U novije se vrijeme stabilnost u tim obrascima razmatra kao crta (Larsen i sur., 1986; Zelenski i Larsen, 1999). Iako su nalazi takvih istraživanja uglavnom temeljeni na mjerama samoprocjene (Diener i sur., 1985), izgleda da im je osnova barem dijelom biološka (Kerman i sur., 2012; Osinsky i sur., 2012). Emocionalna reaktivnost odnosi se na specifičan afektivni stil ili način reagiranja na širok spektar afektivnih podražaja (Cacioppo i sur., 1992; Wheler i sur., 2007). Osnovna je ideja koja stoji iza toga da emocionalni podražaj uzrokuje nespecifičnu pobuđenost organizma koja je vidljiva u nekoliko sustava (npr. u autonomnome dijelu živčanoga sustava i s njime povezanim organima). Interindividualne razlike u emocionalnoj reaktivnosti opažene su na razini perifernoga sustava (Cacioppo i sur., 1992), ali i na razini centralnoga živčanog sustava (Wheeler i sur., 2007). Za mjerenje tih razlika preferira se upotreba fizioloških mjera zbog njihove manje sklonosti pogreškama i iskrivljavanjima (Lorber, 2004). Postoji nekoliko mjera aktivacije perifernoga živčanog sustava. One su uglavnom vezane za aktivnost kardiovaskularnoga sustava (krvni tlak, brzina rada srca, varijabilitet rada srca i sl.), respiratornu aktivnost (pravilnost u disanju) te elektrodermalnu aktivnost (provodljivost kože) (za ekstenzivan pregled v. Cacioppo i sur., 2007).

Elektrodermalna aktivnost jedna je od najčešće korištenih psihofizioloških mjera (Dawson i sur., 2007). Mjerenje elektrodermalne aktivnosti počiva na provodljivosti (ili otporu) kože uslijed njezine vlažnosti. U koži se nalaze dva odvojena sustava znojnih žlijezdi koji služe različitim svrhama. Glavna je funkcija žlijezda znojnica termoregulacija, međutim, u području dlanova/tabana smatra se da je funkcija tih žlijezdi poboljšanje hvatanja, a ne hlađenje (Dawson i sur., 2007). Iako se kroz povijest mislilo da je aktivnost tih žlijezdi vezana za aktivnost parasimpatičkoga živčanog sustava, uglavnom zbog funkcije acetilkolina u modulaciji aktivnosti žlijezda znojnica, danas je generalno prihvaćeno da se elektrodermalna aktivnost mijenja uglavnom zbog simpatičke aktivnosti te je ona

indikator čiste simpatičke aktivacije (Boucsein i sur., 2012; Dawson i sur., 2007). Kontrola znojnih žlijezda posredovana simpatičkim živčanim sustavom ima nekoliko žarišta. Aktivnost znojnih žlijezda pripisuje se retikularnomu aktivacijskom sustavu, hipotalamičkim i limbičkim sustavima te na najvišoj razini regijama frontalnoga korteksa i bazalnim ganglijima (Sequeira i Roy, 1993). Aktivacija sustava kontrole palmarnih žlijezda znojnica povezana je s emocionalnim sustavima (Kreibig, 2010), a sama reakcija dio je orijentacijskoga refleksa. Iako je reakcija vezana uz emocije, nema naznake da je intenzitet same reakcije vezan uz valenciju podražaja, dokle god su oni podjednako pobuđujući i salijentni (Cuthbert i sur., 1996). Dakle, izgleda da je sama reakcija nespecifičan emocionalni indikator. Osim orijentacijskoga refleksa, elektrodermalna aktivnost koristi se i u okviru istraživanja donošenja odluka (engl. *decision making*) pa je tako pokazano da ta reakcija prethodi svjesnoj detekciji točnoga odgovora u zadatku kockanja (engl. *gambling task*) (Bechara i sur., 1997). U kojoj je mjeri ta reakcija nesvjesni indikator aktivnosti autonomnoga živčanog sustava pokazuju rezultati istraživanja na pacijentima koji boluju od prozopagnozije čija je elektrodermalna reakcija marker prepoznavanja poznatih lica, iako pacijenti to nisu u stanju svjesno procesirati (Tranel i Damasio, 1985). Kad je o samoj mjeri riječ, elektrodermalna reakcija relativno je spor mehanizam s latencijama koje sežu od 1 do 3 sekunde, ali često se koristi zbog lakoće njezine primjene (Dawson i sur., 2007). Također, vrlo je pouzdan marker emocionalne aktivacije pa je tako indikator razlikovanja emocionalnih i neutralnih podražaja (Norris i sur., 2007), a reaktivnost toga sustava vezana je sa širokim spektrom podražaja/emocija (Kreibig, 2010).

Kad je riječ o mjerama razine provodljivosti ili sporih promjena, često se koriste mjere poput razine provodljivosti kože (engl. *skin conductance level, SCL*; tj. prosječna provodljivost u nekome vremenskom intervalu) ili promjena u provodljivosti u različitim vremenskim intervalima. Kao mjere reakcije u istraživanjima se koriste mjere poput amplitude reakcije (maksimalne ili prosječne), vremena latencije (od pojave podražaja do početka reakcije), vremena dostizanja maksimuma te vremena oporavka. Neke se mjere ne odnose na intenzitet reakcije ili na brzinu reakcije (vremensku komponentu), već se oslanjaju na broj spontanih fluktuacija u nekome vremenskom intervalu (Boucsein i sur., 2012). U situacijama višestrukih podražaja mogu se koristiti mjere poput broja podražaja do habituacije ili razina habituacije (količina smanjenja reakcije na pojavu svakoga uzastopnog podražaja; za ekstenzivan pregled v. Dawson i sur., 2007). Poseban je problem i odabir vremenskoga intervala u kojemu se pojedine fiziološke mjere evaluiraju, s obzirom na to da je nekoliko njih ovisno o tim intervalima (npr. SCL). Istraživanja se u tome kontekstu rade sa širokim spektrom vremena (od 1 sekunde do 300 sekundi i više; Kreibig, 2010), tako da su i rezultati teško usporedivi.

Interindividualne razlike u ponašanju i procesiranju emocionalnoga sadržaja uklopljene su nekoliko modela ličnosti (npr. Eysenckov). Po Eysenckovu modelu interindividualne razlike u domeni ekstraverzija – introverzija ponašajne su

posljedice pobudljivosti retikulo-kortikalnoga sustava (Eysenck, 1967, 1990; Matthews i Gilliland, 1999). Introverti su kronično hiperpobuđeni pa to rezultira njihovom sklonošću traženju i odabiru „mirnijih“ okruženja (Eysenck, 1997). Dimenzija neuroticizam – emocionalna stabilnost po tome je modelu produkt pobudljivosti retikulo-limbičkih veza/sustava. Neuroticizam je, dakle, sklonost ili niz mehanizama koji rezultiraju burnijim reakcijama na emocionalne podražaje (Schwebel i Suls, 1999). Sukladno Eysenckovim pretpostavkama, izgleda da je ekstraverzija crta koja je povezana s višim osnovnim razinama (engl. *baseline*) pobuđenosti, dok je neuroticizam povezan s većim razinama/intenzitetima reakcija (Kreibig i sur., 2007). Reaktivnost osoba s visokim neuroticizmom i ekstraverzijom na emocionalne podražaje pokazana je u nekoliko istraživanja. Tako se neuroticizam vezuje s reagiranjem na podražaje negativne valencije, a ekstraverzija s onima pozitivne valencije (npr. Larsen i Ketelaar, 1991). Iako je ta sklonost reagiranja pokazana na psihološkoj razini, postoje naznake da je isto moguće i na fiziološkoj razini (Mardaga i sur., 2006).

Kad je riječ o povezanosti s indikatorima aktivacije simpatičkoga sustava, čini se da je neuroticizam crta s najvećim efektima/korelacijama (Cruz i Larsen, 2006), iako su nalazi katkad kontradiktorni (De Pascalis i sur., 2007) ili nepouzdati (Stemmler i Wacker, 2010). Nalazi pokazuju da je intenzitet povezanosti osobina ličnosti (pritom se najviše misli na neuroticizam i ekstraverziju) i indikatora aktivacije perifernoga živčanog sustava nešto stabilniji kad je riječ o elektrodermalnoj aktivnosti u usporedbi s kardiovaskularnim ili respiratornim indikatorima (Stemmler i Wacker, 2010). Postoji više mjera elektrodermalne aktivnosti pa su tako efekti osobina ličnosti ovisni o vrsti mjere koja se koristi. Neki nalazi upućuju na to da su osobine ličnosti iz spektra neuroticizma manje povezane s intenzitetom elektrodermalne reakcije nego s brzinom oporavka (Mardaga i sur., 2006). S druge strane, mjere broja spontanijih fluktuacija provodljivosti kože upućuju na veću povezanost s neuroticizmom pri mirovanju, iako je ta mjera zapravo signal autonomne aktivacije elektrodermalnoga sustava (Stemmler i Wacker, 2010). Nekoliko nalaza ukazuje na veću povezanost ekstraverzije s indikatorima fiziološke aktivacije pri mirovanju, dok su nalazi vezani uz reaktivnost manje jasni (Stemmler i Wacker, 2010; Wacker i sur., 2006). Isto tako, izgleda da su reakcije, tj. povezanost reakcija na događaje i osobine ličnosti kontekstualne. Čini se da je ekstraverzija povezana uglavnom s reakcijama na emocionalne podražaje koji nisu generalno pozitivne valencije, nego su specifično vezane uz podražaje apetitivne naravi, tj. podražaje koji su povezani s nagradom (Smillie i sur., 2012), dok je neuroticizam više povezan s podražajima emocionalnoga (posebno negativnoga) karaktera (Stemmler i Wacker, 2010).

Nalazi iz toga područja uglavnom podupiru teorijske postavke Eysenckova modela (Eysenck, 1967), iako su razine tih efekata većinom vrlo male. Neovisno o vrsti indikatora aktivacije perifernoga živčanog sustava, efekti osobina ličnosti pretežno su mali. Ako efekti i jesu značajni, korelacije su najčešće niskoga intenziteta

(često manje od  $|.10|$ , a uglavnom ne iznad  $|.30|$ ) (Stemmler i Wacker, 2010). Kod takvih se istraživanja koristi vrlo širok spektar mjera (čak i kad se ispituje samo specifična periferna funkcija poput elektrodermalne aktivnosti) i intervala različite duljine te je nekonzistentnost u tim nalazima potencijalno proizvod zanemarivanja vremenskih aspekata mjerenja. Cilj je ovoga istraživanja bio ispitati povezanost neuroticizma i ekstraverzije s intenzitetom elektrodermalne reakcije. S obzirom na moguće probleme vezane uz duljinu trajanja intervala u kojemu se sama reakcija promatra, problem je ovoga istraživanja bio ispitati razlike u procjenama intenziteta elektrodermalne reakcije između uobičajenoga načina računanja te reakcije (promjena u SCL-u u određenome intervalu) u odnosu na pristupe koji modeliraju vremenski tijek elektrodermalnoga signala, i to u terminima same kvalitete aproksimacije mjenjenoga signala s jedne strane i u odnosu na dobivene povezanosti s osobinama ličnosti s druge strane.

## Metoda

### Ispitanici

U istraživanju je sudjelovalo 97 studenata Sveučilišta u Rijeci ( $M_{dob} = 22.92$  godina;  $SD_{dob} = 2.13$ ). Uzorak nije bio ujednačen s obzirom na spol (60 % žena) ni s obzirom na status veze (74 % ispitanika u vezi), iako se pojavnost vrste statusa veze nije razlikovala s obzirom na spol ( $\chi^2 = 0.10$ ,  $df = 1$ ,  $p > .05$ ). Sudjelovanje u istraživanju bilo je dobrovoljno, a ispitanici su bilo u kojemu trenutku mogli prekinuti s istraživanjem u skladu s etičkim principima postupanja psihologa (American Psychological Association, 2002, 2010).

### Instrumenti

U istraživanju su korištene skale neuroticizma i ekstraverzije iz *Petofaktorskog inventara ličnosti (BFI)* (John i sur., 1991; John i sur., 2008). Upitnik je namijenjen mjerenju pet širokih crta ličnosti (neuroticizam, ekstraverzija, otvorenost, ugodnost i savjesnost). Korištene dimenzije reprezentirane su s 8 čestica, a format je odgovora skala procjene od pet stupnjeva (od *Uopće se ne slažem* do *U potpunosti se slažem*). Ukupan rezultat formiran je kao prosjek odgovora na česticama koje mjere određenu dimenziju. Pouzdanost i valjanost skale provjerena je na mnogo uzoraka te se uvijek pokazala zadovoljavajućom (Benet-Martínez i John, 1998; John i Srivastava, 1999). Skala isto tako pokazuje iznimnu test-retest stabilnost (iznad .80; Rammstedt i John, 2007). Hrvatski je prijevod korišten u više istraživanja u kojima su dobivene visoke pouzdanosti (npr. Kardum i sur., 2006). Pouzdanosti dobivene u ovome istraživanju i osnovni deskriptivni parametri korištenoga upitnika prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1.

*Pouzdanosti i deskriptivni pokazatelji skala neuroticizma i ekstraverzije (BFI)*

Faktor	<i>M</i>	<i>SD</i>	$\alpha$	<i>M<sub>r</sub></i>	<i>N<sub>ε</sub></i>
1. Neuroticizam	2.56	0.65	.83	.38	8
2. Ekstraverzija	3.55	0.66	.83	.37	8

*Napomena:*  $\alpha$  – koeficijent pouzdanosti (Cronbachova alfa); *M<sub>r</sub>* – prosječna korelacija između čestica; *N<sub>ε</sub>* – broj čestica.

*Provodljivost kože* (SC; prema engl. *skin conductance*) mjerena je pomoću para Ag/AgCl elektroda s kontaktnom površinom promjera od 8 mm (Med Assoc. Inc., St. Albans, VT, USA) napunjenih NaCl gelom te postavljenih na intermedijalne članke prstenjaka i maloga prsta. Provodljivost je mjerena korištenjem konstantnoga napona od 0.5 V pomoću SC5 24-bitnoga pojačala. Mjerni je raspon korištenoga uređaja od 0 do 100  $\mu$ S s apsolutnom točnošću od +/- 0.1  $\mu$ S. Frekvencija uzorkovanja signala bila je 1000 Hz, iako je za potrebe analize u kasnijoj fazi smanjena na 1 Hz.

Za mjerenje fizioloških parametara, kao i prezentacija podražaja, korišteno je PC-računalo s procesorom Intel Core 2 Duo E6750 i 4 GB-a RAM-a, s operativnim sustavom Windows 7 Pro x64 te 19-inčnim LCD-monitorom.

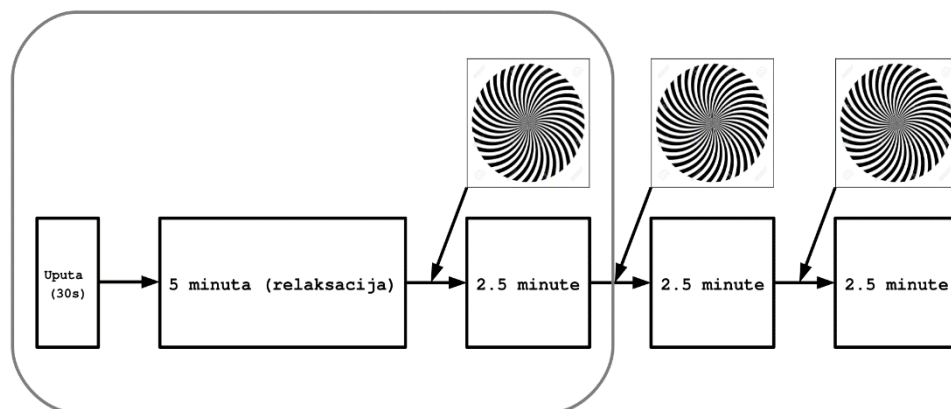
## Postupak

Na početku istraživanja ispitanici su ispunili BFI-skalu te su prikupljeni njihovi demografski podaci. Mjerenje provodljivosti kože vršeno je pojedinačno, u tihoj, zvučno izoliranoj prostoriji konstantne temperature od 23 °C i umjerenoga osvjetljenja (oko 600 lx). Pri dolasku u laboratorij ispitanici su smješteni na stolicu ispred monitora, dobili su upute i opis tijeka istraživanja, opis uređaja koji će se koristiti te su im postavljene elektrode za mjerenje provodljivosti kože. Zadatak ispitanika bio je opustiti se i tijekom istraživanja promatrati zaslon koji se nalazio ispred njih. Na početku istraživanja na zaslonu se pojavila uputa kojom su ispitanici obaviješteni da će tijekom istraživanja na njemu biti prikazan neki podražajni materijal te da će podražaji uslijediti nakon pojavljivanja fiksacijske točke. Podražaji su prezentirani u dvama modalitetima: slušnome i vizualnome. Vizualni dio podražaja sastojao se od rotirajuće crno-bijele spirale, dok se zvučni dio podražaja sastojao od bijeloga šuma intenziteta 70 dB (EPA/ONAC, 1974). Oba su podražaja prezentirana istovremeno, a namjera je bila izazvati iznenađenje, a da pritom podražaj glede valencije bude što neutralniji. Efekt podražaja u smislu pomaka aktivacije/valencije testiran je na malome uzorku u preliminarnome istraživanju u kojemu su ispitanici prije i nakon pojave podražaja morali procijeniti svoj trenutni afekt na afektivnoj mreži (Russell i sur., 1989). Podražaj je bio neutralan s obzirom na valenciju, dok je istovremeno doveo do povećanja aktivacije.

Laboratorijsko mjerenje trajalo je ukupno 13 minuta. Nakon upute (u ukupnome trajanju od 30 sekundi) slijedilo je 5 minuta u kojima ispitanicima nije ništa bilo prezentirano kako bi im se omogućila habituacija na laboratorijsku situaciju. Nakon toga perioda iznenadni podražaj (u trajanju od 10 sekundi) prikazan je tri puta s intervalom od dvije i pol minute između podražaja te dvije i pol minute nakon posljednje pojave podražaja, kako bi se izmjerio oporavak. U prosjeku je taj interval dovoljan period da se ispitanici fiziološki oporave (dođu do razine provodljivosti kože koju su postigli prije pojave podražaja). Za potrebe ovoga istraživanja korišteno je samo prvih 8 minuta mjerenja (točnije, prvih 490 sekundi; uputa + period relaksacije + podražaj + period nakon prezentacije prvoga podražaja; Slika 1.). Nakon završetka mjerenja svaki je ispitanik dobio detaljnu povratnu informaciju o tijeku istraživanja, podražajnome materijalu, svrsi istraživanja te osobnim reakcijama na mjerenju u kojemu je sudjelovao. Završna datoteka za obradu sastojala se od 490 mjerenja za svakoga ispitanika, što čini ukupno 47 530 redaka.

Slika 1.

*Prikaz tijeka laboratorijskoga testiranja*



### **Analitička strategija**

Analize su, zbog koherentnosti, napravljene u okviru hijerarhijskoga linearnog modeliranja. Na taj su način u jednome modelu ispitani prosječni (tzv. fiksni) efekti i specifični efekti pojedinoga ispitanika (tzv. slučajni efekti; engl. *random effects*). Prvi se odnose na prosječne efekte u cijeloj skupini ispitanika i predstavljaju ekvivalent efektima u linearnoj regresiji, a drugi su specifična odstupanja od fiksnih efekata koja su karakteristika svakoga pojedinog ispitanika. Na taj je način moguće procijeniti globalno pristajanje modela podacima koji se modeliraju, koherentno usporediti modele različite razine složenosti i procijeniti globalne efekte te specifičnosti svakoga ispitanika u jednome modelu.



Sve su analize učinjene u okviru programskoga jezika za statističko računanje R (R Core Team, 2019). Većina je analiza napravljena u osnovnome R-okruženju (tzv. „base“), dok su za posebne potrebe korišteni dodatni R-paketi. Tako su za vizualizaciju korišteni paketi „lattice“ (Sarkar, 2008) i „latticeExtra“ (Sarkar i Andrews, 2013). Za izračune pouzdanosti korišten je paket „psych“ (Revelle, 2019). Za izračun hijerarhijskih linearnih modela korišten je paket „lme4“ (Bates i sur., 2015). Uz svaki izračun prikazan je odgovarajući R-kod za izračun/prikaz određenoga problema. Za provjeru adekvatnosti hijerarhijskih linearnih modela, osim njihove usporedbe/testiranja pomoću  $\chi^2$  testa, korišten je i globalni indikator snage efekta  $\Omega^2$  (Xu, 2003; funkcija je prikazana u nastavku).

```
> omega2.mer <- function(m) {require(lme4); 1-
var(residuals(m))/(var(model.response(model.frame(m))) ) }
```

Isto tako, za što bolju provjeru adekvatnosti modela, gdje god je bilo moguće, korišteni su i grafički prikazi. Radi jednostavnosti je kao strategija modeliranja distribucija efekata po ispitaniku (engl. *random effect*) korištena tzv. maksimalna strategija (Barr i sur., 2013).

Za procjenu statističke značajnosti, osim *t*-vrijednosti, izračunani su intervali pouzdanosti metodom *bootstrap* s 1000 ponavljanja.

```
> boot.mer <- function(m) {require(lme4); confint(m, level=0.95,
method="boot", nsim=1000) }1
```

Stimulus je kategorijalna varijabla na dvjema razinama (prije i nakon pojave podražaja) te je, u okviru R-okruženja, korištena varijabla tipa faktor (indikator kodiran s referentnom kategorijom prije pojave podražaja).

Zbog jednostavnosti modeliranja polinomima (kvadriranja) vrijeme je umjesto u sekundama izraženo u minutama. Fiziološke su reakcije analizirane na tri načina. Prvi i uobičajeni način odnosi se na agregiranje i izračun prosječne vrijednosti razina provodljivosti kože za vrijeme relaksacije (prije pojave podražaja) i reakcije (vrijeme nakon pojave podražaja) za svakoga ispitanika posebno. Efekt podražaja u ovome je slučaju procijenjen računanjem jednostavnog linearnoga modela (*t*-testa), a reakcije pojedinoga ispitanika izračunane su kao razlika prosjeka provodljivosti kože nakon podražaja i prije podražaja za svakoga ispitanika posebno. Drugim riječima (u terminima linearnoga modela), predviđena provodljivost kože u svakome je trenutku bila jednostavna funkcija statusa stimulusa (prije ili poslije njega). Tako je predviđena razina provodljivosti kože (*sc*) ispitanika *i* u trenutku *j* funkcija razine provodljivosti kože prije pojave podražaja ( $b_{0i}$ ) i promjene nakon pojave podražaja ( $b_{1i}$ ) (Jednadžba 1).

$$sc_{i,j} = b_{0i} + b_{1i} \cdot stimulus \quad (\text{Jednadžba 1})$$

1 Kod velikoga broja ponavljanja i složenijih modela izračun intervala pouzdanosti može biti vrlo dugotrajan (za prikazane modele do 43 h).

Drugi način uključivao je modeliranje krivulje provodljivosti kože kroz trajanje laboratorijskoga mjerenja za svakoga ispitanika. Razlike u obliku krivulje prije i nakon pojave podražaja modelirane su korištenjem umnožaka (interakcijskih parametara) vremena i kategorijalne varijable stimulusa. Modeliranje krivulje provodljivosti kože provedeno je na dva načina/modela:

- a) pomoću modela koji uključuje efekte vremena, efekte stimulusa te interakcijske efekte vremena i stimulusa. Tako je predviđena razina provodljivosti kože ispitanika  $i$  u trenutku  $j$  funkcija početne razine provodljivosti kože toga ispitanika ( $b_{0i}$ ), linearne brzine relaksacije/efekta vremena ( $b_{1i}$ ), položaja  $s$  obzirom na podražaj (prije ili poslije njega;  $b_{2i}$ ) te promjene u efektima vremena nakon pojave podražaja ( $b_{3i}$ ) (Jednadžba 2).

$$sc_{i,j} = b_{0i} + b_{1i} \cdot t_{i,j} + b_{2i} \cdot stimulus + b_{3i} \cdot t_{i,j} \cdot stimulus \quad (\text{Jednadžba 2})$$

- b) pomoću modela koji uključuje linearne i kvadrate efekte vremena, prije i nakon pojave podražaja (da se uvaži promjena u brzini opadanja/promjene provodljivosti kože s obzirom na protok vremena) te efekte stimulusa i interakciju linearnoga i kvadratnog protoka vremena i stimulusa. Tako je predviđena razina provodljivosti kože ispitanika  $i$  u trenutku  $j$  funkcija početne razine provodljivosti kože toga ispitanika ( $b_{0i}$ ), brzine relaksacije ( $b_{1i}$ : linearne;  $b_{2i}$ : kvadratne), položaja  $s$  obzirom na podražaj (prije ili poslije njega;  $b_{3i}$ ) te promjene u efektima vremena nakon pojave podražaja ( $b_{4i}$ : linearne;  $b_{5i}$ : kvadratne) (Jednadžba 3).

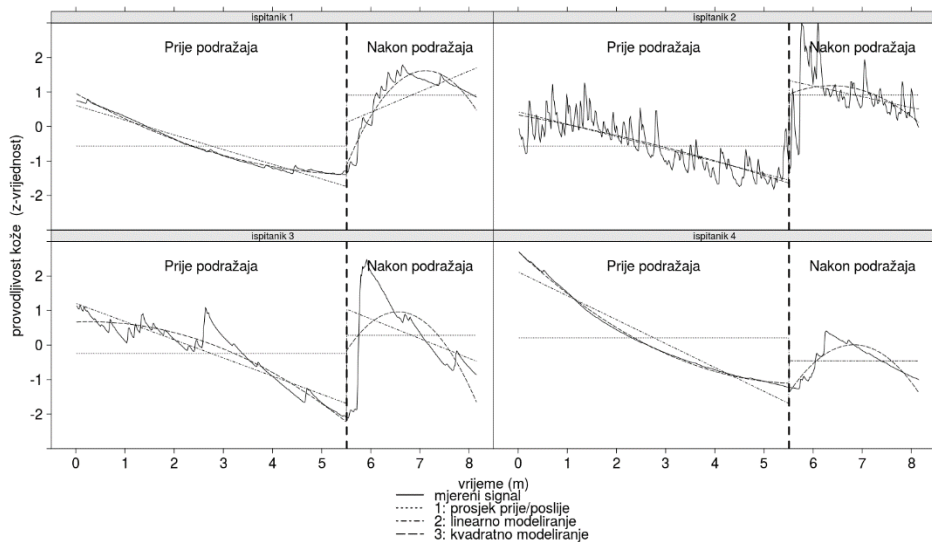
$$sc_{i,j} = b_{0i} + b_{1i} \cdot t_{i,j} + b_{2i} \cdot t_{i,j}^2 + b_{3i} \cdot stimulus + b_{4i} \cdot t_{i,j} \cdot stimulus + b_{5i} \cdot t_{i,j}^2 \cdot stimulus \quad (\text{Jednadžba 3})$$

Provodljivost kože te procijenjene krivulje po pojedinim modelima za četiri ispitanika prikazane su na Slici 2.

U svim prikazanim primjerima (Slika 2.), bez obzira na tijek i stabilnost signala provodljivosti kože, reakcija na podražaj jasno je vidljiva. Ako se detaljnije pogleda prikaz, jasno su vidljivi problemi vezani uz jednostavne modele. Osim što loše reprezentira tijek signala kroz vrijeme (reakciju), najjednostavniji model može rezultirati i nekonzistentnim /kontraintuitivnim predikcijama. Tako je kod zadnjega ispitanika (ispitanik 4), usprkos jasno vidljivoj reakciji na podražaj, aritmetička sredina provodljivosti kože nakon podražaja manja od prosječne provodljivosti kože prije pojave podražaja (razlika aritmetičkih sredina poslije - prije negativnoga je predznaka), što bi impliciralo da je reakcija obrnutoga smjera (ili da je nije bilo). Čak ni izjednačavanje vremenskoga intervala prije i poslije ne bi, u slučaju modela prikazanoga u jednadžbama 1 i 2, rezultiralo točnijim procjenama elektrodermalne reakcije na prikazani podražaj.

Slika 2.

Primjeri krivulja provodljivosti kože za četiri ispitanika i predviđenih razina s obzirom na prikazane modele

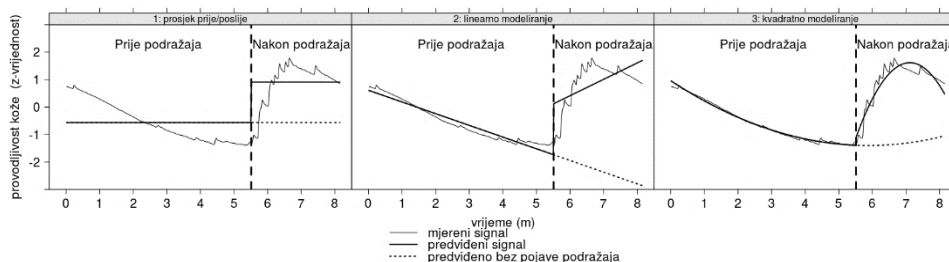


*Napomena:* provodljivost kože ( $\mu\text{S}$ ; y-os) normalizirana je u z-skalu (standardizirana) za jasniji prikaz.

S obzirom na to da u modelima koji uključuju efekte protoka vremena kvantifikacija intenziteta same reakcije nije trivijalna (poput oduzimanja prosječne vrijednosti provodljivosti kože perioda prije pojave podražaja od prosječne vrijednosti provodljivosti kože perioda nakon pojave podražaja), u nastavku će biti prikazan ekvivalent oduzimanja aritmetičke sredine poslije - prije za modele s više parametara na primjeru modela iz jednadžbi 1, 2 i 3 (realni podaci jednoga ispitanika; predikcije modela prikazane su na Slici 3.).

Slika 3.

Primjer različitih modela i njihovih predikcija na krivulji reakcije jednoga ispitanika



*Napomena:* provodljivost kože ( $\mu\text{S}$ ; y-os) normalizirana je u z-skalu (standardizirana) za jasniji prikaz.

Kod modela iz jednadžbe 1 (Slika 3., 1: prosjek prije/poslije) aritmetička sredina prije reakcije predstavlja prognoziranu vrijednost provodljivosti kože kad nema podražaja (parametar  $b_0$  toga modela). Kod modela iz jednadžbe 2 (Slika 3., 2: linearno modeliranje) predviđeni tijek provodljivosti kože u situaciji bez podražaja nije više određen jednim parametrom ( $b_0$ ), već je određen dvama parametrima ( $b_0$  i  $b_1$ ) i vezan je uz protok vremena. Kod modela iz jednadžbe 3 (Slika 3., 3: kvadratno modeliranje) predviđeni tijek provodljivosti kože određen je trima parametrima ( $b_0$ ,  $b_1$  i  $b_2$ ).

U svim trima slučajevima predviđeni tijek signala provodljivosti kože prikazan je na Slici 3., isprekidanom linijom. Intenzitet reakcije prosječno je odstupanje predviđene razine provodljivosti kože prije pojave podražaja (isprekidana linija) i nakon pojave podražaja (puna linija) u području kad se podražaj pojavio (u desnome dijelu grafa: nakon podražaja) ili razlika u površinama ispod krivulje prije pojave podražaja i nakon pojave podražaja (drugim riječima, razlika u dvjema krivuljama jednaka je razlici integrala tih dviju krivulja).

U svim trima slučajevima predviđeni tijek signala provodljivosti kože prikazan je na Slici 3., isprekidanom linijom. Intenzitet reakcije prosječno je odstupanje predviđene razine provodljivosti kože prije pojave podražaja (isprekidana linija) i nakon pojave podražaja (puna linija) u području kad se podražaj pojavio (u desnome dijelu grafa: nakon podražaja) ili razlika u površinama ispod krivulje prije pojave podražaja i nakon pojave podražaja (drugim riječima, razlika u dvjema krivuljama jednaka je razlici integrala tih dviju krivulja).

Kod modela s jednim parametrom (1: prosjek prije/poslije) intenzitet reakcije nije ništa drugo nego razlika prosjeka provodljivosti kože nakon pojave podražaja i prije pojave podražaja pomnožena s brojem mjerenih točaka u tome periodu (nakon pojave podražaja) jer je u svakome trenutku predviđena razlika u tim razinama ista (jednaka je parametru  $b_1$ ). Kod modela iz jednadžbi 2 i 3 intenzitet reakcija (površina između krivulja) suma je predviđenih razlika u svakoj vremenskoj točki (suma razlika između pune i isprekidane linije) i ne može se opisati jednostavnim parametrom iz navedenih jednadžbi jer je razlika između tih krivulja različita u svakoj vremenskoj točki (ovisna je o vremenu). U tome je slučaju ukupna reakcija jednaka razlici procijenjene krivulje nakon pojave podražaja i krivulje prije pojave podražaja (jednadžba 4). Formalnije prikazano intenzitet reakcije ispitanika  $i$  je sljedeći:

$$\text{reakcija}_i = \int_{t=5,5}^{t=8} f(\text{krivulja nakon pojave stimulusa})dt - \int_{t=5,5}^{t=8} f(\text{krivulja prije pojave stimulusa})dt$$

(Jednadžba 4)

Zbog usporedivosti rezultata s klasičnim oduzimanjem prosjeka poslije - prije ( $b_1$ ) umjesto površine, s obzirom na to da je broj vremenskih točaka konstantan, izračunana je prosječna udaljenost između krivulja (što je u ovome slučaju

proporcionalno površini). Na taj način, osim usporedivosti s uobičajenim načinom oduzimanja prosjeka poslije - prije, sama je reakcija kvantificirana u terminima mjerene varijable ( $\mu\text{S}$ ).

## Rezultati

Prije samoga testiranja prikazanih modela izračunana je proporcija varijance provodljivosti kože koja se može pripisati interindividualnim razlikama (*ICC*). To je testirano pomoću najjednostavnijega hijerarhijskog modela koji uključuje samo slučajne efekte ispitanika.

```
> m0<-lmer(sc~1+(1|id), data=SCR, REML=FALSE)
```

Proporcija varijance koju možemo pripisati individualnim razlikama (id ispitanika) izračunana je pomoću funkcije `omega2.mer`.

```
> omega2.mer(m0)
[1] 0.80865
```

Kao što je vidljivo iz izračuna  $ICC = .81$ , što ukazuje na iznimno visok udio interindividualnih razlika u krivuljama provodljivosti kože. Model 1 (model iz jednadžbe 1) testiran je, radi usporedivosti s ostalim modelima, pomoću jednostavnoga hijerarhijskoga linearnog modela. Tako je za predviđanje provodljivosti kože (*sc*) u funkciji stimulusa (*stim*), a da se pritom omogući variranje procjene parametara po ispitaniku (*id*) podataka koje se nalaze u datoteci SCR, korišten sljedeći kod:

```
> m1<-lmer(sc~1+stim+(1+stim|id), data=SCR, REML=FALSE)
```

Za provjeru pristajanja modela podacima možemo izračunati  $\Omega^2$ .

```
> omega2.mer(m1)
[1] 0.8822932
```

Iz izračuna je vidljivo kako je pristajanje modela podacima vrlo dobro ( $\Omega^2 = .88$ ). Za pregled sadržaja modela korištena je sljedeća funkcija:

```
> summary(m1)
```

Intervali pouzdanosti izračunani su korištenjem korisničke funkcije `boot.mer`:

```
> boot.mer(m1)
```

Radi jednostavnosti i preglednosti podaci su prikazani u Tablici 2.

Tablica 2.

Parametri najjednostavnijega modela (m1)

	Fiksni efekti			slučajni efekti		
	<i>b</i>	SE <i>b</i>	<i>t</i>	„bootstrap” 95 % CI		SD (id)
„Intercept”	32.2010	0.0763	422.05	32.0515	32.3506	0.7513
stim	0.1602	0.0393	4.07	0.0831	0.2373	0.3866
rezidual						0.2487

Kao što se može vidjeti iz rezultata (Tablica 2.), prosječna razina provodljivosti kože u periodu prije pojave podražaja nešto je viša od 32  $\mu$ S, a podražaj je imao značajan efekt na provodljivost kože. Razina je provodljivosti kože nakon pojave podražaja za 0.16  $\mu$ S viša nego prije podražaja. Kad se pogleda distribucija po ispitaniku (id), može se uočiti kako je interindividualni varijabilitet provodljivosti kože prije pojave podražaja puno veći od varijabiliteta nakon pojave podražaja (manja SD).

Ostali su modeli procijenjeni na sličan način. Tako su modeli koji uključuju dodatne efekte/parametre (prikazane u jednadžbama 2 i 3) procijenjeni korištenjem sljedećega koda:

```
> m2<-lmer(sc~1+t+stim+stim:t+(1+t+stim+stim:t|id), data=SCR, REML=FALSE)
> m3<-lmer(sc~1+t+I(t^2)+stim+stim:t+stim:I(t^2)+(1+t+I(t^2)+stim+stim:t+stim:I(t^2)|id), data=SCR, REML=FALSE)
```

Rezultati modela iz jednadžbe 2 prikazani su u Tablici 3.

Tablica 3.

Prikaz rezultata linearnoga modela (m2)

	Fiksni efekti			slučajni efekti		
	<i>b</i>	SE <i>b</i>	<i>t</i>	„bootstrap” 95 % CI		SD (id)
„Intercept”	32.3654	0.0472	686.37	32.2729	32.4578	0.4642
stim	-0.0408	0.1026	-0.40	-0.2419	0.1604	1.0057
<i>t</i>	-0.0596	0.0141	-4.23	-0.0872	-0.0320	0.1386
<i>t</i> * stim	0.0649	0.0256	2.54	0.0148	0.1151	0.2516
rezidual						0.1390

Kao što se može vidjeti iz parametara linearnoga modela (m2), prosječna je razina provodljivosti kože na početku mjerenja nešto viša od 32  $\mu$ S, dok su efekti protoka vremena statistički značajno različiti od nule. U intervalu prije pojave podražaja provodljivost se kože u prosjeku smanjivala za 0.0596  $\mu$ S/min, a efekti podražaja nisu statistički značajni, barem kad se razmatra prosječna razina provodljivosti kože. Efekti podražaja uočljivi su u promjeni efekta vremena nakon pojave podražaja (interakcijski efekti) pa je tako u periodu nakon pojave podražaja

promjena efekata vremena značajno različita od nule ( $0.0649 \mu\text{S}/\text{min}$ ). Drugim riječima, efekti podražaja u tome su modelu vidljivi u obliku smanjenja/poništanja relaksacije do koje dolazi (smanjenja provodljivosti kože) tijekom vremena (prije pojave podražaja:  $0.0596 \mu\text{S}/\text{min}$ ; nakon pojave podražaja:  $0.0596 \mu\text{S}/\text{min} + 0.0649 \mu\text{S}/\text{min} = 0.0053 \mu\text{S}/\text{min}$ ).

Parametri kvadratnoga modela prikazani su u Tablici 4.

Tablica 4.

Prikaz rezultata kvadratnoga modela ( $m_3$ )

	Fiksni efekti			slučajni efekti		
	<i>b</i>	SE <i>b</i>	<i>t</i>	„bootstrap” 95 % CI		SD (id)
„Intercept”	32.3974	0.0397	815.58	32.3195	32.4752	0.3910
stim	-5.4588	0.7753	-7.04	-6.9782	-3.9393	7.6099
<i>t</i>	-0.0943	0.0156	-6.03	-0.1249	-0.0637	0.1534
<i>t</i> <sup>2</sup>	0.0063	0.0017	3.72	0.0030	0.0096	0.0165
<i>t</i> * stim	1.6960	0.2339	7.25	1.2375	2.1546	2.2967
<i>t</i> <sup>2</sup> * stim	-0.1231	0.0167	-7.36	-0.1559	-0.0903	0.1642
rezidual						0.0886

Parametri kvadratnoga modela slični su parametrima linearnoga modela kad je riječ o provodljivosti kože na početku mjerenja ( $32.3974 \mu\text{S}$ ). Efekti vremena (i linearni i kvadratni) značajno su različiti od nule te se u periodu prije pojave podražaja provodljivost kože smanjuje za  $0.0943 \mu\text{S}$  po minuti, ali to se smanjenje usporava tijekom toga perioda za  $0.0063 \mu\text{S}/\text{m}^2$ . Efekti su podražaja u tome slučaju značajno različiti od nule. Efekti podražaja nisu ograničeni na glavne efekte, već su vidljivi i u promjeni krivulje vremena. Parametar vezan uz jednostavne efekte podražaja ( $-5.4588 \mu\text{S}$ ) dao bi naslutiti da je razina provodljivosti manja nego na početku mjerenja, međutim, i linearni i kvadratni interakcijski parametri vremena i podražaja značajno su različiti od nule. Stoga se može vidjeti da nakon pojave podražaja (koja se događa 5.5 minuta nakon početka mjerenja) dolazi do nagloga povećanja u brzini porasta provodljivosti kože kroz vrijeme (za  $1.6960 \mu\text{S}$  po minuti) pa je tako efekt podražaja zapravo u pozitivnome smjeru ( $-5.4588 \mu\text{S} + 5.5 * (1.6960 - 0.0943) = 3.3506 \mu\text{S}$  veći nego na početku mjerenja). To je linearno povećanje popraćeno negativnim kvadratnim koeficijentom, što rezultira postupnim usporavanjem (obrnutom U-krivuljom nalik primjeru kvadratnoga modeliranja provodljivosti kože iz Slike 3.).

Za statističku usporedbu konkurentnih modela korišten je  $\chi^2$  test razlike među modelima (engl. *likelihood ratio test*). Za tu je namjenu korišten sljedeći kod:

```
> anova(m0, m1, m2, m3)
```

Rezultati su prikazani u Tablici 5.

Tablica 5.

*Usporedba konkurentnih modela elektrodermalne reakcije na podražaj*

	<i>df</i>	AIC	BIC	$\Omega^2$	log-likelihood	$\chi^2$	<i>df</i> ( $\chi^2$ )	<i>p</i>
m0	3	26311	26337	.81	-13153			
m1	6	3866	3919	.88	-1927	22451	3	<.001
m2	15	-50210	-50078	.96	25120	54094	9	<.001
m3	28	-92024	-91778	.99	46040	41840	13	<.001

*Napomena:* *df* = stupnjevi slobode; AIC = Akaikeov informacijski kriterij; BIC = bayesijski informacijski kriterij.

Model koji uključuje efekte podražaja (m1) značajno je bolji u predikciji provodljivosti kože tijekom 8-minutnoga intervala od nultoga modela (samo slučajni efekti). Procijenjeni je efekt uključivanja stimulusa .07 (.88 – .81). Dodavanje efekta vremena (u obliku jednostavnih i interakcijskih efekata) značajno poboljšava predikciju ( $\chi^2 = 54094$ , *df* = 9, *p* < .001) u odnosu na model s jednostavnim efektima podražaja za dodatnih .08. Isto tako, dodavanje kvadratnih efekata vremena (m3) značajno poboljšava predikciju krivulje provodljivosti kože ( $\chi^2 = 41840$ , *df* = 13, *p* < .001) i doseže iznimno visoke razine aproksimacije mjerenih podataka ( $\Omega^2 = .99$ ).

Bez obzira na superiornost modela 3 u predviđanju tijeka elektrodermalne reakcije (Tablica 5.), za svakoga su ispitanika izračunani predviđeni intenziteti reakcija po modelima m1 (prije/poslije), m2 (linearno modeliranje) i m3 (kvadratno modeliranje) na način prikazan u jednadžbi 4 te su za svaku vrstu specifikacije intenziteta reakcije izračunani Pearsonovi koeficijenti korelacije s neuroticizmom i ekstraverzijom. Rezultati su prikazani u Tablici 6.

Tablica 6.

*Deskriptivni pokazatelji predviđenih intenziteta elektrodermalnih reakcija po prikazanim modelima (m1, m2 i m3) te korelacije s neuroticizmom i ekstraverzijom*

Vrsta modela	<i>M</i>	<i>SD</i>	N	E
m1 (prije/poslije; jednadžba )	0.16	0.39	.19	-.04
m2 (linearno modeliranje jednadžba )	0.40	0.89	.22*	-.13
m3 (kvadratno modeliranje jednadžba )	0.31	0.71	.23*	-.15

*Napomena:* N – neuroticizam; E – ekstraverzija; \**p* < .05.

Kao što je vidljivo iz prikazanih rezultata, i linearno i kvadratno modeliranje rezultiraju višim prosječnim vrijednostima procjene elektrodermalne reakcije. Isto tako, i linearno i kvadratno modeliranje rezultiraju procjenama elektrodermalne reakcije s većim raspršenjem (*SD*). Ako uzmemo u obzir visok interindividualni varijabilitet same elektrodermalne aktivnosti u ovome uzorku (*ICC* = .81), izgleda da je uključivanje efekta protoka vremena rezultiralo adekvatnijom procjenom



elektrodermalne reakcije. Što se tiče samih korelacija mjera intenziteta elektrodermalne reakcije i osobina ličnosti, one su u apsolutnome smislu male. Jedine statistički značajne korelacije odnose se na neuroticizam, i to s procjenama proizašlima iz modela 2 i 3 (Tablica 6.), dok su za ekstraverziju korelacije još nižega intenziteta. Korelacije su svih mjera intenziteta elektrodermalne reakcije i neuroticizma pozitivne, a razlika u veličini korelacija između različitih pokazatelja intenziteta reakcije (po modelima 1, 2 i 3) u apsolutnome je smislu vrlo mala i nije formalno statistički značajno različita od nule. Međutim, na tako malome uzorku najveća je korelacija intenziteta reakcije dobivena s reakcijom modeliranom po kvadratnoj krivulji. Iz rezultata se može naslutiti da je povezanost crta ličnosti i specifične reakcije na jedan događaj mala, iako bi adekvatno modeliranje efekta vremena (bilo linearnoga ili kvadratnoga) moglo omogućiti detekciju povezanosti i u situacijama kada bi uobičajenim metodama takva detekcija izostala.

### Rasprava

Rezultati ovoga istraživanja pokazuju da jednostavno modeliranje reakcije kao prosječne provodljivosti prije pojave podražaja i prosječne provodljivosti poslije pojave podražaja bolje opisuje podatke od samoga prosjeka pojedinoga ispitanika na cijelih 8+ minuta mjerenja, ali porast je kvalitete predikcije razine elektrodermalne aktivnosti skroman. Uključivanje efekata protoka vremena značajno je poboljšalo predikciju krivulje elektrodermalne aktivnosti. Model koji je uključivao kvadratne efekte vremena najbolje je aproksimirao krivulju elektrodermalne aktivnosti te se može reći da je ostatak zapravo šum ( $\Omega^2 = .99$ ). To u konačnici znači da se zanemarivanjem vremena, jednoga od ključnih elemenata u kontinuiranim mjerenjima fizioloških reakcija, puno lošije aproksimira sam fiziološki signal, što je vidljivo u razlikama kvalitete modela koji takve efekte uključuju (bili oni linearni ili kvadratni; modeli iz jednadžbi 2 i 3) u odnosu na modele koje takve efekte ne uključuju (model jednostavne usporedbe prosjeka prije i poslije pojave podražaja; model iz jednadžbe 1). Pri određivanju intenziteta reakcije pojavljuju se problemi koji s jedne strane onemogućavaju ili otežavaju usporedbu rezultata (kao raznovrsnost metoda određivanja specifičnih reakcija; Dawson i sur., 2007), dok s druge strane imaju znatnoga efekta na ishode samih mjerenja (poput raznolikosti intervala u kojima se fiziološki signali procjenjuju; Kreibig, 2010). Smjernice za evaluaciju elektrodermalnih mjera (Boucsein i sur., 2012) smanjuju raznovrsnost u rezultatima, iako njihova primjena ovisi o procjeni očekivanoga efekta, što nije uvijek moguće. Tako bi određivanje intervala za evaluaciju elektrodermalne reakcije s jedne strane trebalo počivati na fizikalnim ograničenjima elektrodermalnoga sustava, a s druge strane na trajanju efekta manipulacije (Boucsein i sur., 2012; Dawson i sur., 2007). Ograničenja minimalnih intervala uglavnom su vezana za trajanje latencije same elektrodermalne reakcije (1 – 3 s), dok su s druge strane maksimumi neodređeni. U psihologijskoj se literaturi često pojavljuje jako velik

spektar trajanja samih intervala (od minimalno 1 s pa do 300 s i više) (Kreibig, 2010). Problem se pojavljuje jer se često kao ishod računa neka agregirana mjera u trajanju toga intervala, što može dovesti do krive procjene same ishodne mjere. Iz rezultata ovoga istraživanja vidljivo je da korištenje aritmetičke sredine reakcije u intervalu nakon podražaja dovodi do manje procjene intenziteta reakcije te, povrh toga, i do manjega interindividualnog raspršenja te procjene u usporedbi s modelima koji uključuju efekte vremena. Korištenje procjena elektrodermalne reakcije bez uključivanja efekta vremena može dovesti do podcjenjivanja samoga intenziteta reakcije, što je vidljivo iz dobivenih rezultata. Iako samo uključivanje vremena kao faktora ne eliminira u potpunosti efekte trajanja mjerenja, svakako ih minimizira u vremenskoj domeni u kojoj se oni najčešće nalaze (do 300 s). Isto tako, čini se da je vrlo velik interindividualni varijabilitet koji se opaža u mjerenim elektrodermalnim reakcijama bolje reprezentiran u procjenama tih reakcija koje slijede iz uključivanja efekta vremena, nego u jednostavnome uprosječivanju reakcije. Iako je elektrodermalna aktivnost pojava koja prati sve emocionalne reakcije, izgleda da je donekle neovisna o njihovoj valenciji (Cacioppo i sur., 1998). Metaanalize razlika u obrascima reakcije pri različitim emocijama uglavnom upućuju na jako male razlike u elektrodermalnoj aktivnosti između pozitivnih i negativnih emocija (Cacioppo i sur., 2000), međutim, valja napomenuti da su ti nalazi rezultat razmatranja razlika u prosječnoj aktivnosti u nekome intervalu u kojemu se sama aktivnost i evaluira. Stoga je moguće da je to barem djelomično rezultat zanemarivanja vremena kao aspekta tijekom fiziološkoga aspekta emocionalne reakcije.

Kad pogledamo interindividualne razlike u elektrodermalnoj reakciji, one su mjerljivo velike. Na same interindividualne razlike odnosi se više od 2/3 varijabiliteta elektrodermalne aktivnosti. Problem se pojavljuje kada se taj velik interindividualni varijabilitet pokuša pripisati nekomu uzroku. Kao što je iz rezultata vidljivo, intenzitet elektrodermalne reakcije pozitivno je povezan s neuroticizmom. Veličina same korelacije ipak je iznimno mala ( $r = .23$ ). Kada se pogleda razlika u koeficijentima korelacije neuroticizma i procjena intenziteta reakcije modelirane na različite načine, izgleda da detekciji značajnosti te korelacije, a i njene magnitude, pomaže pomnije modeliranje same reakcije (modeli 2 i 3). Iako valja napomenuti da je ta razlika vrlo mala (govorimo o povećanju proporcije dijeljene varijance ličnosti i elektrodermalne reakcije s 3.6 % na 5.3 %), kod ovako malih uzoraka i efekata može značiti razliku u detekciji statističke značajnosti.

Neki autori navode da su psihofiziološke reakcije vrlo specifične te da su efekti osobina ličnosti uglavnom jako mali (Stemmler i Wacker, 2010). Takvi nalazi efekata koji su većinom mali ( $r < .30$ ) generalizirani su na širokome spektru mjerenih reakcija autonomnoga živčanog sustava (elektrodermalnih, kardiovaskularnih, respiratornih i dr.). Postoji veći broj razloga zašto je tomu tako. Kao prvo, dio razloga za takav obrazac rezultata može biti povezan s načinom mjerenja takvih varijabli, kao što je pokazano ovim istraživanjem. Kao drugo, dio razloga za male efekte može biti povezan s mjerama osobina ličnosti. Najčešće su mjereni neuroticizam i

ekstraverzija, iako je moguće da je riječ o nekim specifičnijim crtama i/ili njihovoj kombinaciji (Buckingham, 2008). Kao treće, mogući je razlog specifičnost samih reakcija. Iako su interindividualne reakcije na specifične markere periferne aktivacije uglavnom velike, česta je pojava da su one vrlo varijabilne, bilo vezano uz vrstu markera periferne aktivacije, bilo vezano uz situaciju mjerenja. Te se reakcije smatraju vrlo idiosinkratičnima, što s jedne strane otežava samu detekciju pravilnosti, a s druge strane otežava atribuciju te pravilnosti (Hollenstein i Lanteigne, 2014). U ovome su slučaju, primjerice, same interindividualne razlike u reakciji vrlo jasne, iako je nejasno događa li se to zbog specifičnih osobina pojedinca, zbog specifičnosti situacije ili zbog obaju uzroka. Kao četvrto, mogući je razlog takvim efektima specifičnost uzorka i korištenje indikatora/mjera centriranih na distribuciju uzorka za kvantifikaciju tih efekata. Uzorci su u tim istraživanjima relativno mali (~ 100 ispitanika) pa su upitni distribucija i varijabilitet osobine ličnosti koji su mjereni. U ovome su uzorku mjerene razine neuroticizma značajno manje od onih koje se očekuju s obzirom na dobnu skupinu, dok su izmjerene razine ekstraverzije blago povišene. Usto, raspršenje je mjera neuroticizma i ekstraverzije za više od 20 % manje od očekivanoga za tu dobnu skupinu (John i Srivastava, 1999; Srivastava i sur., 2003). Ta restrikcija varijabiliteta popraćena ekstremnijim odgovaranjem mogla je dovesti do efekta poda/stropa i samim time umjetno umanjiti korelacije koje bi u idealnim uvjetima bile i dobivene.

Rezultati dobivenim ovim istraživanjem potkrepljuju osnovnu ideju da je neuroticizam kao crta povezan s povišenom reaktivnošću limbičkoga sustava (Eysenck, 1967), što je dobiveno i u drugim modelitetima (npr. amplitude treptaja pri iznenadnome podražaju; Wilson i sur., 2000). Dobiveni efekti iznimno su mali, iako ne odstupaju od ostalih nalaza (npr. Stemmler i Wacker, 2010). Isto tako, razlike su u dobivenim korelacijama između neuroticizma i različitoga modeliranja elektrodermalne reakcije vrlo male. Međutim, kod tako malih efekata i ograničene veličine uzorka korištenje vrste modela koji uključuje efekte vremena i samim time bolje opisuje tijek samoga fiziološkog signala može omogućiti precizniju detekciju povezanosti fizioloških i psiholoških varijabli.

## Literatura

- American Psychological Association. (2002). Ethical principles of psychologists and code of conduct. *The American Psychologist*, 57, 1060–1073. <https://doi.org/10.1037/a0020168>
- American Psychological Association. (2010). 2010 Amendments to the 2002 “Ethical principles of psychologists and code of conduct”. *The American Psychologist*, 65(5), 493. <https://doi.org/10.1037/a0020168>
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C. i Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255–278. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.11.001>

- Bates, D. M., Mächler, M., Bolker, B. i Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. i Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275(5304), 1293–1295. <https://doi.org/10.1126/science.275.5304.1293>
- Benet-Martínez, V. i John, O. P. (1998). Los Cinco Grandes across cultures and ethnic groups: Multitrait multimethod analyses of the Big Five in Spanish and English. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(3), 729–750. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.3.729>
- Boucsein, W., Fowles, D. C., Grimnes, S., Ben-Shakhar, G., Roth, W. T., Dawson, M. E. i Fillion, D. L. (2012). Publication recommendations for electrodermal measurements. *Psychophysiology*, 49(8), 1017–1034. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01384.x>
- Buckingham, R. M. (2008). Extraversion and neuroticism: Investigation of resting electrodermal activity. *Australian Journal of Psychology*, 60(3), 152–159. <https://doi.org/10.1080/00049530701656265>
- Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G. i Berntson, G. G. (Ur.). (2007). *The handbook of psychophysiology* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511546396>
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., Klein, D. J. i Poehlmann, K. M. (1998). The psychophysiology of emotion across the lifespan. *Annual Review of Gerontology and Geriatrics*, 17, 27–74.
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., Larsen, J. T., Poehlmann, K. M. i Ito, T. A. (2000). The psychophysiology of emotion. U: M. Lewis i J. M. Haviland-Jones (Ur.), *Handbook of emotions* (2nd ed., str. 173-191). Guilford Press.
- Cacioppo, J. T., Uchino, B. N., Crites, S. L., Snyder-Smith, M. A., Smith, G., Berntson, G. G. i Lang, P. J. (1992). Relationship between facial expressiveness and sympathetic activation in emotion: A critical review, with emphasis on modeling underlying mechanisms and individual differences. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62(1), 110–128. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.62.1.110>
- Cruz, M. H. i Larsen, R. J. (2006). Personality correlates of individual differences in electrodermal lability. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 23(1), 93–104. <https://doi.org/10.2224/sbp.1995.23.1.93>
- Cuthbert, B. N., Bradley, M. M. i Lang, P. J. (1996). Probing picture perception: Activation and emotion. *Psychophysiology*, 33(2), 103–111. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1996.tb02114.x>
- Dawson, M. E., Schell, A. M. i Fillion, D. L. (2007). The electrodermal system. U: J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary i G. G. Berntson (Ur.), *Handbook of Psychophysiology* (3rd ed., str. 159-181). Cambridge University Press.
- De Pascalis, V., Valerio, E., Santoro, M. i Cacace, I. (2007). Neuroticism-Anxiety, Impulsive-Sensation Seeking and autonomic responses to somatosensory stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 63(1), 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.06.004>

- Diener, E., Larsen, R. J., Levine, S. i Emmons, R. A. (1985). Intensity and frequency: Dimensions underlying positive and negative affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48(5), 1253–1265.
- EPA/ONAC. (1974). *Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety*. Washington, D. C.
- Eysenck, H. J. (1967). *The biological basis of personality*. Charles C Thomas.
- Eysenck, H. J. (1990). Biological dimensions of personality. U: L. A. Pervin (Ur.), *Handbook of personality: Theory and research* (str. 244-276). Guilford Press.
- Eysenck, H. J. (1997). Personality and experimental psychology: The unification of psychology and the possibility of a paradigm. *Journal of Personality and Social Psychology*, 73(6), 1224–1237. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.73.6.1224>
- Gray, J. A. (1967). Strength of the nervous system, introversion-extraversion, conditionability and arousal. *Behaviour Research and Therapy*, 5(3), 151–169. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(67\)90031-9](https://doi.org/10.1016/0005-7967(67)90031-9)
- Hollenstein, T. i Lanteigne, D. (2014). Models and methods of emotional concordance. *Biological Psychology*, 98(1), 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.12.012>
- John, O. P., Donahue, E. i Kentle, R. L. (1991). The Big Five Inventory-Versions 4a and 54. *Institute of Personality and Social Research*. University of California, Berkeley, Institute of Personality and Social Research.
- John, O. P., Naumann, L. P. i Soto, C. J. (2008). Paradigm shift to the integrative Big-Five trait taxonomy: History, measurement, and conceptual issues. U: O. P. John, R. W. Robins i L. A. Pervin (Ur.), *Handbook of personality: Theory and research* (str. 114-158). Guilford Press.
- John, O. P. i Srivastava, S. (1999). The Big-Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. U: L. A. Pervin i O. P. John (Ur.), *Handbook of personality: Theory and research* (str. 102-138). Guilford Press.
- Kardum, I., Gračanin, A. i Hudek-Knežević, J. (2006). Odnos crta ličnosti i stilova privrženosti s različitim aspektima seksualnosti kod žena i muškaraca. *Psihologijske teme*, 15(1), 101–128.
- Kerman, I. A., Clinton, S. M., Simpson, D. N., Bedrosian, T. A., Bernard, R., Akil, H. i Watson, S. J. (2012). Inborn differences in environmental reactivity predict divergent diurnal behavioral, endocrine, and gene expression rhythms. *Psychoneuroendocrinology*, 37(2), 256–269. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2011.06.010>
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84, 394–421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>
- Kreibig, S. D., Wilhelm, F. H., Roth, W. T. i Gross, J. J. (2007). Cardiovascular, electrodermal, and respiratory response patterns to fear- and sadness-inducing films. *Psychophysiology*, 44(5), 787–806. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00550.x>

- Larsen, R. J., Diener, E. i Emmons, R. (1986). Affect intensity and reactions to daily life events. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(4), 803–814. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.51.4.803>
- Larsen, R. J. i Ketelaar, T. (1991). Personality and susceptibility to positive and negative emotional states. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61(1), 132–140. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.61.1.132>
- Leen-Feldner, E. W., Zvolensky, M. J., Feldner, M. T. i Lejuez, C. W. (2004). Behavioral inhibition: Relation to negative emotion regulation and reactivity. *Personality and Individual Differences*, 36(6), 1235–1247. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00113-7](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00113-7)
- Lorber, M. F. (2004). Psychophysiology of aggression, psychopathy, and conduct problems: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 130(4), 531–552. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.130.4.531>
- Mardaga, S., Laloyaux, O. i Hansenne, M. (2006). Personality traits modulate skin conductance response to emotional pictures: An investigation with Cloninger's model of personality. *Personality and Individual Differences*, 40(8), 1603–1614. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2005.12.006>
- Matthews, G. i Gilliland, K. (1999). The personality theories of H. J. Eysenck and J. A. Gray: A comparative review. *Personality and Individual Differences*, 26, 583–626. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(98\)00158-5](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(98)00158-5)
- Nebylitsyn, V. D. (1972). *Fundamental properties of the human nervous system*. Plenum Press.
- Norris, C. J., Larsen, J. T. i Cacioppo, J. T. (2007). Neuroticism is associated with larger and more prolonged electrodermal responses to emotionally evocative pictures. *Psychophysiology*, 44(5), 823–826. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00551.x>
- Osinsky, R., Lösch, A., Hennig, J., Alexander, N. i Macleod, C. (2012). Attentional bias to negative information and 5-HTTLPR genotype interactively predict students' emotional reactivity to first university semester. *Emotion*, 12(3), 460–469. <https://doi.org/10.1037/a0026674>
- R Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria.
- Rammstedt, B. i John, O. P. (2007). Measuring personality in one minute or less: A 10-item short version of the Big Five Inventory in English and German. *Journal of Research in Personality*, 41(1), 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2006.02.001>
- Revelle, W. (2019). *psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research*. Evanston, Illinois.
- Russell, J. A., Weiss, A. i Mendelsohn, G. A. (1989). Affect grid: A single-item scale of pleasure and arousal. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57(3), 493–502. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.57.3.493>
- Sarkar, D. (2008). *Lattice: Multivariate data visualization with R*. Springer.
- Sarkar, D. i Andrews, F. (2013). *latticeExtra: Extra graphical utilities based on lattice*.
- Schwebel, D. C. i Suls, J. (1999). Cardiovascular reactivity and Neuroticism: Results from a laboratory and controlled ambulatory stress protocol. *Journal of Personality*, 67(1), 67–92. <https://doi.org/10.1111/1467-6494.00048>

- Sequeira, H. i Roy, J. C. (1993). Cortical and hypothalamo limbic control of electrodermal responses. U: J. C. Roy, W. Boucsein, D. C. Fowles i J. H. Gruzelier (Ur.), *Progress in electrodermal research* (str. 93-114). Plenum Press.
- Smillie, L. D., Cooper, A., Wilt, J. i Revelle, W. (2012). Do extraverts get more bang for the buck? Refining the affective-reactivity hypothesis of extraversion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 103(2), 306–326. <https://doi.org/10.1037/a0028372>
- Srivastava, S., John, O. P., Gosling, S. D. i Potter, J. (2003). Development of personality in early and middle adulthood: Set like plaster or persistent change? *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(5), 1041–1053. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.84.5.1041>
- Stemmler, G. i Wacker, J. (2010). Personality, emotion, and individual differences in physiological responses. *Biological Psychology*, 84(3), 541–551. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.09.012>
- Strelau, J. (1982). Biologically determined dimensions of personality or temperament? *Personality and Individual Differences*, 3(4), 355–360. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(82\)90001-0](https://doi.org/10.1016/0191-8869(82)90001-0)
- Tellegen, A. (1985). Structures of mood and personality and their relevance to assessing anxiety, with an emphasis on self-report. U: A. H. Tuma i J. D. Maser (Ur.), *Anxiety and the anxiety disorders* (str. 681-706). Erlbaum.
- Tranel, D. i Damasio, A. (1985). Knowledge without awareness: An autonomic index of facial recognition by prosopagnosics. *Science*, 228(4706), 1453–1454. <https://doi.org/10.1126/science.4012303>
- Wacker, J., Chavanon, M.-L. i Stemmler, G. (2006). Investigating the dopaminergic basis of extraversion in humans: A multilevel approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 91(1), 171–187. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.91.1.171>
- Wheeler, R. E., Davidson, R. J. i Tomarken, A. J. (2007). Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: A biological substrate of affective style. *Psychophysiology*, 30(1), 82–89. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03207.x>
- Wilson, G. D., Kumari, V., Gray, J. A. i Corr, P. J. (2000). The role of neuroticism in startle reactions to fearful and disgusting stimuli. *Personality and Individual Differences*, 29(6), 1077–1082. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(99\)00255-X](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(99)00255-X)
- Xu, R. (2003). Measuring explained variation in linear mixed effects models. *Statistics in Medicine*, 22(22), 3527–3541. <https://doi.org/10.1002/sim.1572>
- Zelenski, J. M. i Larsen, R. J. (1999). Susceptibility to affect: A comparison of three personality taxonomies. *Journal of Personality*, 67(5), 761–791. <https://doi.org/10.1111/1467-6494.00072>
- Zvolensky, M. J., Feldner, M. T., Eifert, G. H. i Stewart, S. H. (2001). Evaluating differential predictions of emotional reactivity during repeated 20 % carbon dioxide-enriched air challenge. *Cognition & Emotion*, 15(6), 767–786. <https://doi.org/10.1080/02699930143000284>

## **Personality and Reactions to Sudden Events: Effects of Different Approaches to Modelling Physiological Reactions**

### **Abstract**

This study aimed to examine interindividual differences in electrodermal responses to a sudden stimulus by using different methods of electrodermal reaction assessment. Modelling the electrodermal response as a simple difference of mean electrodermal level before and after stimulus occurrence was compared with approaches that model the electrodermal response curve over time. The association of differently modelled electrodermal reaction with questionnaire measures of personality traits was examined. Ninety-seven students, mostly females (60 %), with age ranging from 18 to 28 participated in this study. Each subject completed a brief measure of neuroticism and extraversion from the Big Five Inventory (BFI; John et al., 1991, 2008) and participated in one laboratory measurement of electrodermal activity during a period of 8 minutes in which a sudden stimulus was presented. Electrodermal activity was modelled in three ways: 1) as a difference in pre- and post-stimulus responses; 2) including linear effects of time; 3) including quadratic effects of time. The outcomes of differently modelled electrodermal responses were correlated with questionnaire measures of neuroticism and extraversion. The results showed that by taking into account the effects of time (both linear and quadratic) the actual electrodermal data can be fitted significantly better. Likewise, estimates of the electrodermal response that take into account the effects of time result in both higher average response levels and interindividual variability. The electrodermal reaction modelled in this way (linear and quadratic) shows a slightly higher and significant positive correlation with neuroticism when compared to simpler methods, although the differences between the different modelling methods are relatively small. The results obtained support the idea of greater excitability related to the neuroticism trait. Given the intensity of the reaction, it is possible that the excitability associated with neuroticism is not specifically related to the valence of the stimulus that elicits that reaction. The correlations are extremely small, but they do not deviate from those obtained in other studies, especially since it is a single electrodermal measurement (Stemmler & Wacker, 2010). The results also show that correlations with personality traits can be detected even on a small sample and only one measurement by adequately modelling the electrodermal reaction.

*Keywords:* neuroticism, extraversion, electrodermal reaction, hierarchical linear modelling

Primljeno: 15. 7. 2020.



