

SPALVŲ SUVOKIMO KONSTANTIŠKUMO VEIKSNIAI: KONTRASTAS IR ADAPTACIJA PRIE FONO SPALVOS

Aušra Daugirdienė

Biomedicinos mokslų daktarė, lektorė
Vilniaus pedagoginis universitetas
Psichologijos didaktikos katedra,
Studentų g. 39, LT-08106 Vilnius
Tel. 273 08 95
El. paštas: ausra.daugirdiene@gf.vu.lt

Rytis Stanikūnas

Fizinių mokslų daktaras
Vilniaus universitetas
Medžiagotyros ir taikomųjų mokslų institutas
Biofizikinės informatikos sektorius
Saulėtekio al. 9, LT-10222 Vilnius
Tel. 266 76 19
El. paštas: rytis.stanikunas@ff.vu.lt

Henrikas Vaitkevičius

Habilituotas socialinių mokslų daktaras,
profesorius
Vilniaus universitetas
Bendrosios psichologijos katedra
Universiteto g. 9/1, LT-01513 Vilnius
Tel. 266 76 19
El. paštas: henrikas.vaitkevicius@ff.vu.lt

Ian J. Murray

Dr. Associated professor
Faculty of Life Sciences
Moffat Building
University of Manchester,
P.O. Box 88, Manchester M60 1QD, UK
El. paštas: ian.j.murray@manchester.ac.uk

Janus J. Kulikowski

Dr. Professor
Faculty of Life Sciences,
Moffat Building
University of Manchester,
P.O. Box 88, Manchester M60 1QD, UK
El. paštas: janus.kulikowski@manchester.ac.uk

Straipsnyje keliame hipotezę, kad spalvos suvokimo konstantiškumas, kaip procesas, turi dvi sudedamąsias dalis: lokalų ir globalų procesą. Lokalus procesas – tai skirtumas tarp fono ir spalvoto objekto (mūsų tyrimuose – Manselio pavyzdėlio). Šis procesas nuo adaptacijos nepriklauso ir vyksta tik nedideliame regėjimo lauke. Kitas procesas vyksta bėgant laikui, kai kinta suvokiama spalva. Tai fono spalva. Stebėtojas ją įvertina kaip viso regėjimo lauko spalvinį parametą, todėl pastarasis procesas – globalus.

Spalvų suvokimo konstantiškumo eksperimente abu procesus tyrėme asimetriniu stimulų lyginimo metodu. Bandymams naudojome 7 skirtingus plataus spektro apšvietimo šaltinius. Dviejose skirtingose bandymų serijose testiniai stimulai – Manselio 7/4 pavyzdėliai, buvo generuojami monitoriaus ekrane. Bandymuose dalyvavo penki tiriamieji.

Spalvų suvokimo konstantiškumas buvo įvertinamas Brunsviko santykiu (BR). Gauti rezultatai rodo, kad adaptaciniai pokyčiai nevyksta, kai tiriamųjų regos lauke yra „tuščioji aplinka“. Pašalinus „tuščiąją

aplinką", spalvų suvokimo konstantiškumas pagerėja, BR tampa artimas 1. Remdamies bandymų rezultatais galime teigti, kad yra du skirtingi spalvos suvokimo procesai. Vienas yra greitas, beveik šuoliškas, nulemtas kontrasto, o kitas lėtesnis, adaptacinio pobūdžio, aiškiai pastebimas po 30 s.

Spalvos pokytis (adaptacija) dar įvertinamas oponentinių signalų atsakų apskaičiavimu.

Pagrindiniai žodžiai: spalvų suvokimo konstantiškumas, kontrastas, adaptacija, Manselio pavyzdėliai.

Įvadas

Apie šviesos savybes sprendžiame iš fotoreceptorų, kuriuos veikia ši šviesa, atsakų. Fotonų srautas, patenkantis į akį, yra šviesa, kuri atsispindi nuo objekto paviršiaus. Ji priklauso tiek nuo objekto paviršiaus savybių, nusakomų atspindžio veiksmu $r(\lambda)$, tiek nuo šviesos šaltinio spektrinės sudėties $E(\lambda)$. Atspindžio veiksmas yra:

$$\rho(\lambda) = I_{\text{atsp}}(\lambda)/I_{\text{krint}}(\lambda);$$

čia λ – bangos ilgis, $I_{\text{atsp}}(\lambda) = E(\lambda)$ – nuo objekto atsispindėjusi šviesa, $I_{\text{krint}}(\lambda)$ – ant objekto krinanti šviesa.

Jei apšvietimo spektrinė sudėtis kinta, tai kis ir atspindėta nuo objekto šviesa ($\rho(x,l)E(\lambda)$). Saulės šviesos spektrinė sudėtis kinta per dieną. Vėlyvos popietės saulės šviesos spektrinėje sudėtyje yra daugiau ilgųjų šviesos bangų nei vidurdienio saulės šviesos spektre, kartu per dieną kis ir atsispindėjusios nuo objekto šviesos spektrinė sudėtis. Įprasto patalpų apšvietimo – kaitinimo lempučių – šviesos spektrinė sudėtis skiriasi nuo saulės šviesos spektrinės sudėties. Patalpų apšvietimo spektrui būdinga mažiau trumpųjų bangų. Aišku, kad įnešus daiktus iš lauko į namą, pasikeičia nuo jų atsispindėjusi šviesa. Nors šviesos spektras, pasiekiantis mūsų akis, kinta, paprastai nepastebime jokių mūsų suvokiamų objektų spalvų pakitimų: žolės stiebas beveik visada atrodo žalias, knygos puslapis ar popieriaus lapas – baltas ir pan. Spalvų suvokimo konstantiškumas (angl. *color constancy*; rus. *константность цветовосприятия*) – tai pavadinimas,

duotas reiškiniai, kuriam vykstant stebėtojo suvokiama objekto spalva lieka pastovi, nors apšvietimo, apšviečiančio objektą, spektrinė sudėtis kinta, taip pat kinta tiriamojo žmogaus akis pasiekianti nuo objekto paviršiaus atsispindėjusi šviesa (Jameson and Hurwich, 1989). Spalvų suvokimo konstantiškumas padeda stabiliai suvokti aplinką. Jei spalvinis suvokimas kistų kintant šviesai, pasiekiančiai mūsų akis, žmonės beviltiškai susipainiotų aplinkoje, negalėtų atpažinti ir atskirti įprastų objektų. Spalvų suvokimo konstantiškumas leidžia atpažinti objektus nepriklausomai nuo to, koks yra dienos laikas ir ar jie yra lauke, ar patalpose, lapuočių miške ar atviroje vietoje. Spalvinio regėjimo funkcijos yra aptikti ir išskirti aplinkoje esančius objektus, o spalvų suvokimo konstantiškumas yra procesas, kuris užtikrina objektų savybių pastovumą, t. y. kompensuoja natūralaus apšvietimo pakitimus per parą. Ši savybė padeda neklystamai atpažinti objektus.

Kasmet spalvų suvokimo konstantiškumo reiškinį nagrinėjančių naujų mokslinių darbų skaičius didėja, bet dar nėra išsamios teorijos, kuri nuosekliai paašškintų mechanizmus, nulemiančius spalvų suvokimo konstantiškumą. Apibendrinant šiuo metu turimas apie spalvų suvokimo konstantiškumą žinias galima skirti į dvi dideles, fiziologiniais mechanizmais, kontrastu ir adaptacija besiremiančias ir šį reiškinį aiškinančias teorijų grupes:

1. Tarp regos sistemos elementų, susijusių su spalvų suvokimu, vyksta tokia sąveika, kad jų atsakai beveik iš karto nepriklauso nuo apšvietimo (receptorų atsakų kontrasto, santykio ir t. t. teorijos).

2. Spalvų suvokimo konstantiškumas aiškiamas adaptaciniais regos sistemos procesais, t. y. procesais, kurie laikui bėgant taip keičia sistemos elementų, susijusių su spalvų suvokimu, jautrumą, kad jų atsakai nepriklausytų nuo apšvietimo.

Adaptacija šiuo atveju suprantama kaip procesas, kuris turi įtakos receptorių arba kitų regos sistemų elementų, nuo kurių priklauso suvokiama spalva, jautrumui. Manoma, kad spalvų suvokimo konstantiškumas pasiekiamas tuomet, kai kintant apšvietimui receptorių arba kitų elementų atsakų santykis nekinta. Taigi adaptacija yra vienas iš tikėtinų mechanizmų, kuris laikui bėgant gali užtikrinti šių reakcijų pastovumą. Kontrastas yra antrasis galimas mechanizmas, kuris turėtų užtikrinti neuroninių elementų atsako pastovumą. Kontrastas – tai proceso rezultatas, kai įvertinamas objekto ir fono, kuriame matomas objektas, spalvų skirtumas vertinamo fono atžvilgiu, o ne absoliučiai (pvz., neutralios spalvos atžvilgiu). Manoma, kad šis spalvų skirtumas natūraliomis sąlygomis nepriklauso nuo apšvietimo (Wyszecki and Stiles, 2000).

Apžvelgiant ir adaptaciją, ir kontrastu spalvų suvokimo konstantiškumą aiškinančių mokslinių teorijų grupes, iškilo tie patys klausimai: kaip pats fonas, o tiksliau, stebėtojų suvokta fono spalva, gali veikti objekto, matomo šiame fone, spalvą. S. K. Shevellis (Shevell, 1978) atliko tokius bandymus: mažas testinis stimulus buvo rodomas tam tikros spalvos fone. Fono spalva buvo keičiama taip, kad kontrastas „stimulus – fonas“ nekito. Jei spalva priklausytų tik nuo kontrasto, tai suvokiama šiuo atveju testinio stimulus spalva neturėtų kisti, bet ji kinta. Tirdami šį reiškinį autoriai (Shevell, 1978; Shevell and Burroughs, 1988) padarė išvadą, kad suvokiamos spalvos priklausomybę nuo fono galima aiškinti taip: spalva nusakoma trijų skirtingų tipų kolbelių atsakų skirtumu, vertinamas atsakų skirtumas tarp fono ir testinio objekto. Spalva nusako-

ma vektoriumi, kurio komponentės yra šie skirtumai. Regos sistemos jautrumas šiems skirtumams kinta ir priklauso nuo adaptacijos. S. K. Shevell (1978) kalba apie von Krieso algoritmo taikymą kontrastui. Čia vėl kyla klausimas, kokie signalai priverčia keisti jautrumą kontrastui. Tai gali būti signalas, susijęs su vidutine spalva (fonu) arba kitų „atraminių“ (aplinkoje esančių) objektų spalva (Wesner and Shevell, 1992; Shevell and Wei, 1998).

Panagrinėkime šį klausimą smulkiau. Tarkim, kad R_{Fi} ir R_{Ti} ($i = 1, 2, 3$) yra kolbelių atsakai į foną (F) ir testinį stimulą (T). Pagal anksčiau aprašytą hipotezę receptorių ΔR_i atsakų skirtumai priklausys nuo fono ir stebėjimo laiko. Paprasčiausiu atveju turime

$$\Delta R_i = (R_{Ti} - R_{Fi}) e^{-f(R_{Fi}, t)}$$

Teilorio eilute išskleidę eksponentę ir apsiriboję pirmu nariu, gauname:

$$\Delta R_i \approx (R_{Ti} - R_{Fi})(1 - f'(R_{Fi}, t)) = (R_{Ti} - R_{Fi}) - (R_{Ti} - R_{Fi}) f'(R_{Fi}, t); \quad (1)$$

čia $f(R_{Fi}, t)$ – signalo R_{Fi} didėjanti, o t atžvilgiu mažėjanti funkcija ir $f'(R_{Fi}, t) = \partial f(R_{Fi}, t) / \partial R_{Fi}$. Iš (1) išraiškos matyti, kad suvokiama spalva priklauso nuo dviejų komponentių. Pirmoji komponentė susijusi tik su kolbelių atsakų skirtumu, o antroji priklauso dar ir nuo receptorių atsakų į šviesą, atsispindėjusią nuo fono. Tačiau antroji komponentė nėra pastovi, jos įtaka vykstant adaptacijos procesui mažėja. Tokią hipotezę galima formaliai nusakyti taip: suvokiama spalva yra objekto ir fono spalvos suma. Objekto spalva susijusi su objekto ir fono spalvų skirtumu, o fono spalva kinta bėgant laikui – ji vykstant adaptacijai artėja prie neutralios spalvos ir jos įtaka nuolat mažėja. Galima kelti tokią hipotezę: suvokiamą objekto spalvą nustato du mechanizmai. Vienas nustato objekto spalvą fono atžvilgiu (ši spalva nusako-

ma kontrasto ir reakcija į ją yra greita), o kita vertina fono spalvą, kuri kinta bėgant laikui.

Šio darbo tikslas yra patikrinti, kokią įtaką eksperimente vykstantis lėtas, priklausantis nuo adaptacijos prie fono spalvos, ir greitas, šuoliškas, priklausantis nuo fono ir apšvietos, procesai daro spalvų suvokimo konstantiškumui. Pirmajame etape dėl lokalaus proceso turėtų vykti staigus suvokimo šuolis, o antrajame etape dėl adaptacijos (globalaus proceso) turėtų vykti lėtas spalvų suvokimo poslinkis link visiško spalvų suvokimo konstantiškumo.

Metodika

Tiriamieji. Bandymuose dalyvavo penki tiriamieji: dvi moterys (abi 31 m. amžiaus) ir trys vyrai (28, 45 ir 62 m. amžiaus). Jų spalvinis regėjimas buvo normalus. Visi tiriamieji buvo patyrę, jau keleri metai dalyvaujantys tokiuose bandymuose.

Tyrimų aparatūra. Bandymai atlikti tamsiame kambaryje. Stimulai buvo generuojami 3×12 bitų procesoriais (*Cambridge Research Systems*) ir pateikiami 20-ies colių kalibruotame spalvotame monitoriuje (*Barco Reference Calibrator* ©), kuris buvo valdomas VSG kortos. Monitorius 2 valandas prieš bandymus būdavo įjungiamas ir taip „šildomas“, o prieš kiekvieno bandymo pradžią kalibruojamas spektriniu fotometru („SpectraScan PR650“).

Pirmojo etapo bandymų metu tiriamųjų galvos buvo fiksuojamos ir jie žiūrėdavo į monitorių iš 30 cm atstumo, juos gaubdavo aplink monitorių esanti dėžė ($75 \times 75 \times 100$ cm). Tiriamieji matė: testinį stimulą, foną ir „tuščiąją aplinką“.

Antrojo etapo bandymų metu monitorius stovėjo 30 cm atstumu nuo tiriamųjų. Tiriamieji bandymus atlikdavo žiūrėdami į ekraną per 30 cm kartoninį vamzdį, kurio vidus buvo iškljuotas neutralios spalvos popieriumi. Šiuo atveju jie matė tik du stimulus: testinį stimulą ir foną, kuris užpildė beveik visą regėjimo lauką.

Stimulai. Pirmojo etapo bandymų metu testiniai stimulai buvo generuojami monitoriaus centre. Visi stimulai buvo sukurti remiantis Manselio spalvų sistema, kurioje jie klasifikuojami pagal spalvos toną, skaistį ir sodrį. Tyrimuose buvo naudotas 10 Manselio 7/4 pavyzdėlių (skaistis – 7/, sodris – /4) rinkinys. Jame buvo tokių Manselio spalvos tonų pavyzdėliai: 10P, 10PB, 10B, 10BG, 10G, 10GY, 10Y, 10YR, 10R, 10RP. Šie pavyzdėliai, generuojami monitoriaus centre, buvo 2° dydžio. Pavyzdėlius supo neutralus N7 20° dydžio fonas (N reiškia, kad spalva neutrali, o skaistis – 7). Tiriamasis apie neutralų foną matė nešviečiančią monitoriaus ekrano dalį, kurią pavadino „tuščiąja aplinka“. Testiniai stimulai buvo pateikiami ta pačia tvarka: pirmo stimulo spalvos tonas buvo P, antro – PB, trečio B ir taip toliau.

Antrojo etapo bandymų metu testiniai stimulai buvo 2° dydžio, 10-ies Manselio 7/4 pavyzdėlių (skaistis – 7/, sodris – /4) rinkinys. Šių bandymų metu tiriamieji į monitorių žiūrėdavo per žiūroną ir taip buvo išvengiama „tuščiosios aplinkos“ įtakos spalvų suvokimui. Neutralus fonas užpildydavo visą tiriamojo regos lauką.

Tiek pirmojo, tiek antrojo bandymo metu dar papildomai buvo pateikiamas neutralus Manselio pavyzdėlis N7.

Tyrimų eiga. Prieš bandymą tiriamasis kurį laiką (mažiausiai 3 min) praleisdavo tamsiame kambaryje. Paskui (1–2 pav.) 1 s žiūrėdavo į neutralų foną, apšviestą C apšvietimu, kurio spalvų koordinatės – $u' = 0,2009$ $v' = 0,4609$. Esant testiniams apšvietimams testinis stimulus su foniniu paviršiumi bei „tuščiąja aplinka“ pirmojo etapo bandymuose buvo rodomas 1, 5, 30 s, o antrojo etapo – 60 s. Po testinio stimulo demonstravimo tiriamasis žiūrėdavo į neutralų foną, apšviestą C apšvietimu (readaptuodavosi). Šios readaptacijos trukmė skirtingų bandymų metu buvo nevienoda. Toliau tiriamasis, esant C apšvietimui, turėdavo parinkti tokį spalvos toną, skaistį

ir sodri, kad parinkta spalva būtų tokia kaip testinio pavyzdėlio. Parinkimo laikas buvo neribojamas ir trukdavo mažiausiai 30 s. Visas bandymo ciklas: preadaptacija esant C apšvietimui, testinio stimulo pateikimas, readaptacija esant C apšvietimui ir tiriamojo suvoktos spalvos parinkimas, kuris visą ciklą buvo kartojamas tol, kol tiriamasis apsisprendavo, kad parinko tinkamą spalvą.

Abiejų etapų bandymuose buvo naudojami šeši testiniai apšvietimai: A apšvietimas pasirinktas dėl to, kad jis yra standartinis ir atitinka natūralų apšvietimą saulėlydžio metu (Pagal *The International Practical Temperature Scale, 1968* (CGPM, 1969) absoliuti šios spalvos koreliuota temperatūra yra 2856 K) ($u'/v' = 0,2559/0,5243$). S apšvietimas ($u'/v' = 0,1744/0,3923$) yra priešingoje nei A apšvietimas Planko kreivės dalyje ir atitinka natūralų apšvietimą ryte. Apšvietimai r ($u'/v' = 0,2618/0,4533$) ir g ($u'/v' = 0,1517/0,4667$) yra ant kardinalios r–g ašies, o apšvietimai v ($u'/v' = 0,2116/0,3766$) ir y ($u'/v' = 0,1939/0,5180$) – kardinalios y–v ašies. Parenkant spalvas naudotas standartinis C apšvietimas ($u'/v' = 0,2009/0,4609$) – tai dienos šviesos apšvietimas,

kurio spalvos temperatūra – 6774 K. Visų šių šviesos šaltinių spektrinės charakteristikos yra aprašytos K. Breivės ir bendraautorių straipsnyje (Брейве и др., 1999). (Šiame darbe pateikiame bandymų rezultatus, iliustruojančius paveikslukus tik esant A ir S apšvietimams).

Vienas bandymas trukdavo apie 1–3,5 val.

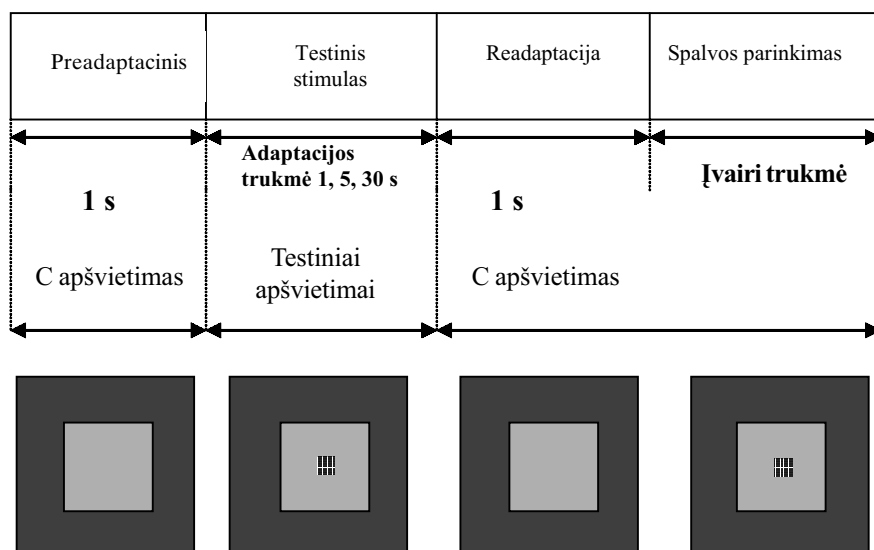
Pirmasis bandymų etapas

Spalvos suvokimas esant skirtingai adaptacijos trukmei ir „tuščiajai aplinkai“

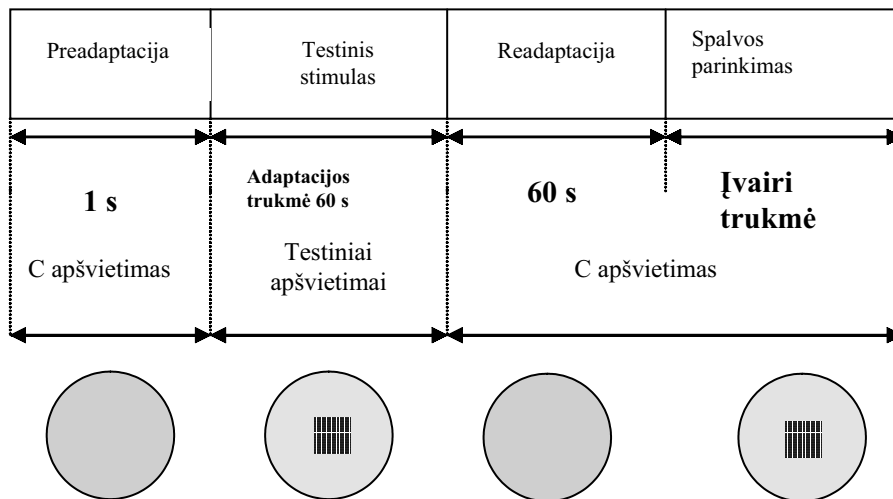
Bandymo tikslas: išsiaiškinti adaptacijos trukmės įtaką stimulų spalvos suvokimui esant „tuščiajai aplinkai“.

Bandymo procedūra: šių bandymų metu tiriamieji ekrane matė: testinį 2° dydžio Manselio pavyzdėlį ant neutralaus N7, 20° dydžio fono ir likusią monitoriaus dalį, kuri atrodė kaip juodas laukas, t. y. matė „tuščiąją aplinką“.

Po preadaptacijos ir testinių stimulų stebėjimo ėjo readaptacija, kuri truko 1 s. Po jos buvo rodomas 2° dydžio pasirinkimo pavyzdėlis ir 20° dydžio fonas. Likusi ekrano dalis buvo – „tuščioji aplinka“ (1 pav.).



1 pav. Pirmojo bandymų etapo schema



2 pav. Antro bandymų etapo schema

Antrosios bandymų etapas

Spalvos suvokimas esant skirtingai adaptacijos trukmei, kai tiriamojo regos lauke nėra „tuščiosios aplinkos“

Bandymo tikslas: išsiaiškinti adaptacijos trukmės įtaką stimulų spalvos suvokimui, kai tiriamasis nemato „tuščiosios aplinkos“. (Šių bandymų metu tiriamieji į monitorių žiūrėdavo per vamzdį ir taip buvo išvengiama „tuščiosios aplinkos“ įtakos spalvų suvokimui.)

Bandymo procedūra: bandymo metu tiriamasis visame lauke matė: testinį 2° dydžio Manselio pavyzdėlį ant neutralaus N7, 20° dydžio fono. Readaptacija šio bandymo metu trukdavo 60 s (lygiai tiek, kiek buvo rodomas testinis stimulus), o paskui vykdavo spalvos parinkimas (2 pav.). (Tokios trukmės readaptacijos būtinybė aptarta ir įrodyta Daugirdienės ir Vaitkevičiaus (2001) straipsnyje.)

Duomenų analizė. Naudotos (u'v') spalvų koordinatės (CIE, 1976). Jos pasirinktos todėl, kad šioje erdvėje atstumai tarp spalvų geriau koreliuoja su subjektyviais spalvų skirtumais. Žinant visų pavyzdėlių spalvų koordinatas yra

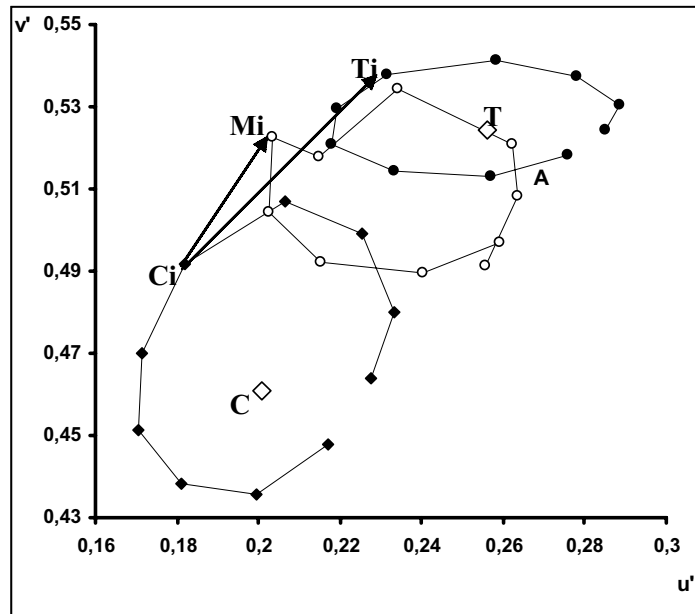
įmanoma kiekybiškai įvertinti spalvų suvokimo konstantiškumą. Aukščiausias jo laipsnis reiškia, kad tiriamasis pasirenka tokį pat pavyzdėlį, koks buvo testinis pavyzdėlis, apšviestas testiniu apšvietimu. Mažas konstantiškumas reiškia, kad pasirinktas pavyzdėlis labai skiriasi nuo testinio pavyzdėlio.

Siekiant kiekybiškai įvertinti spalvų suvokimo konstantiškumą, buvo naudojamas vadinamasis Brunsviko santykis (*Brunswik Ratio*) (BR) (Troost and de Weert, 1991):

$$BR = 1 - \frac{(\text{suvokimo poslinkis})}{(\text{fizikinis poslinkis})}$$

$$\text{arba } BR = 1 - \frac{M_i C_i}{C_i T_i}; \quad (2)$$

čia $M_i C_i$ – „suvokimo poslinkis“ (3 pav.), kai tiriamasis nurodo, kaip suvokia T pavyzdėlio spalvą, kai testinis apšvietimas pakeičia C apšvietimą; $C_i T_i$ – „fizikinis poslinkis“, kuris parodo, kaip pakinta testinio pavyzdėlio, apšvies-



3 pav. Trijų Manselio pavyzdėlių rinkinių esant skirtingiems apšvietimams padėtys u', v' (CIE, 1976) spalvų plokštumoje.

Čia C_i ir T_i – to paties Manselio pavyzdėlio padėtis u', v' (CIE, 1976) spalvų plokštumoje apšvietus jį C ir testiniu apšvietimu. M_i – Manselio pavyzdėlio, kurio spalvą esant C apšvietimui tiriamoji AD suvokė esant tokią pačią kaip T_i pavyzdėlio, apšviesto testiniu apšvietimu, padėtis

to testiniu apšvietimu, spalvinės koordinatės apšvietus jį C apšvietimu (3 pav.).

Šio santykio prasmę galima geriau suprasti panagrinėjus 3 pav. Jame parodyta 10-ies Manselio pavyzdėlių rinkinio padėtis u', v' (CIE, 1976) koordinatinių plokštumoje. Kai pavyzdėliai apšviesti C apšvietimu, jų padėtį nurodo juodų rombų elipsė, o kai jie apšviesti testiniu (šiuo atveju A) apšvietimu – juodų apskritimų elipsė. Trečioji, baltų apskritimų, elipsė nėra tokia taisyklinga kaip abi pirmosios. Tai tiriamosios AD suvoktų spalvų (subjektyvi) elipsė. Objektai (šiuo atveju Manselio pavyzdėliai) keičia savo spalvą keičiantis apšvietimui, tačiau suvokiamų spalvų poslinkiai yra mažesni negu galima tikėtis atsižvelgiant į spalvų „fizikinius poslinkius“. Taigi „suvokimo poslinkis“ (vek-

torius $C_i M_i$) trumpesnis už „fizikinį poslinkį“ (vektorius $C_i T_i$). Vektoriaus ($C_i M_i$) ilgis nusako to paties pavyzdėlio spalvos „suvokimo poslinkį“, kai tiriamasis nurodo, kaip suvokia T pavyzdėlio spalvą testinį apšvietimą pakeitus C apšvietimui. Vektoriaus ($C_i T_i$) ilgis nusako spalvos „fizikinį poslinkį“. Pagal 2 formulę visiškai spalvų suvokimo konstantiškumas ($BR = 1$) yra tuomet, kai $C_i M_i = 0$ (esant C apšvietimui, buvo parinktas toks pat pavyzdėlis, koks buvo rodomas esant testiniam apšvietimui). Mažesnis konstantiškumas reiškia, kad $BR < 1$; spalvų suvokimo konstantiškumo nėra, kai $BR = 0$.

Atlikus bandymus, įvertinamas visų tiriamųjų spalvų suvokimo konstantiškumas, apskaičiuojant vidutinius BR.

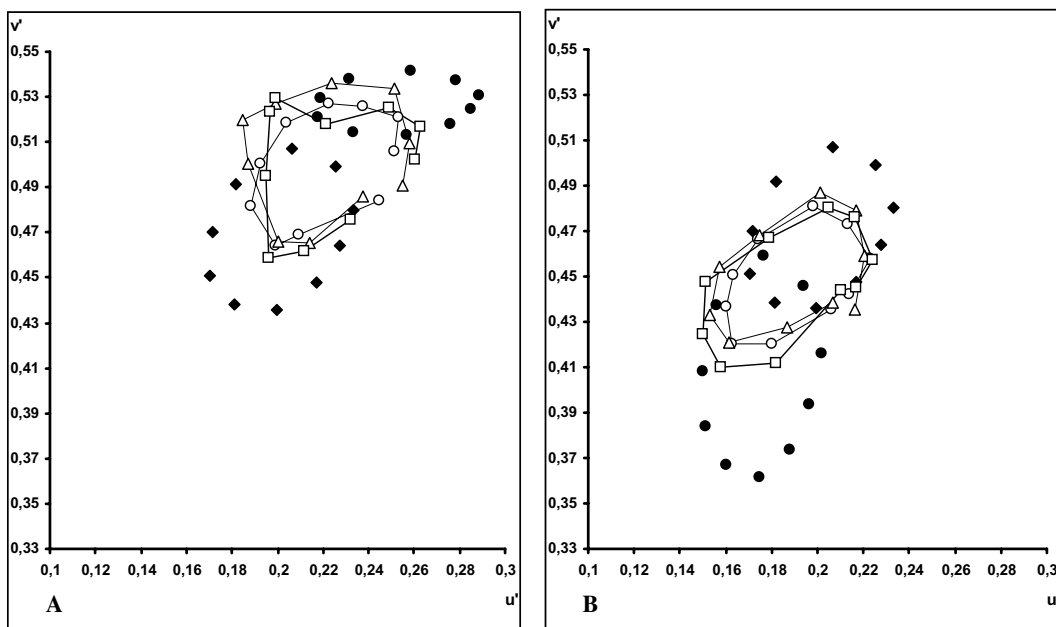
Tyrimo rezultatai

Pirmasis bandymų etapas

Bandymo sąlygos, kai spalviniai stimuli generuojami monitoriaus ekrane, leidžia keisti ir gerai kontroliuoti stimulų rodymo laiką ir išsiaiškinti adaptacijos trukmės įtaką T stimulų spalvos suvokimui. Todėl 10-ies Manselio pavyzdėlių, generuojamų monitoriaus ekrane, rodomų 1, 5 ir 30 padėtys u', v' (CIE, 1976) spalvų plokštumoje, esant A ir S apšvietimams, vaizduojamos 4 pav. Esant bet kuriam testiniam apšvietimui, tiriamųjų suvoktų pavyzdėlių spalvų rinkinių elipsės, kai ilgėja testinio stimulo rodymo laikas, turėtų slinkti pavyzdėlių, apšviestų C ap-

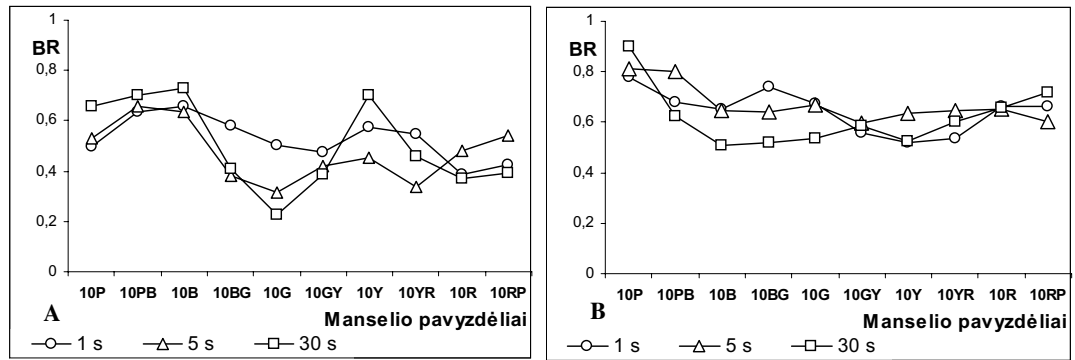
švietimu, elipsės link. Tačiau tokia tendencija neišryškėjo (4 pav.). Norint sumažinti pavienių tiriamųjų įtaką spalvų suvokimo konstantiškumui, buvo palyginti ir suvidurkinti visų tiriamųjų BR, kai T stimuli rodomi 1, 5 ir 30 (5 pav.). Ir šiuo atveju spalvų suvokimo konstantiškumas priklausomai nuo testinio stimulo rodymo laiko negerėjo.

Taigi tiek šiame bandymų etape, tiek ankstesniuose bandymuose (Daugirdienė et al., 2000; Kulikowski and Vaitkevičius, 1997; Kulikowski et al., 2001; Брейве и др., 1999) buvo gauti rezultatai, kurie leido aptikti, kad suvokiant spalvas yra nevisiškas spalvų suvokimo konstantiškumas ir nevisiška adaptacija. Buvo galima ma-



4 pav. 10-ies 7/4 Manselio pavyzdėlių, generuojamų monitoriaus ekrane ir rodomų 1, 5, 30 s, padėčių poslinkiai u', v' (CIE, 1976) spalvų plokštumoje esant A ir S apšvietimams.

Juodi rombai žymi pavyzdėlių rinkinio padėtį spalvų plokštumoje apšvietus juos C apšvietimu, juodi apskritimai – testiniais apšvietimais. Tarp šių dviejų rinkinių esantys balti apskritimai žymi tiriamojo parinktų pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimuli buvo rodomi 1 s, balti trikampiai – pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimuli buvo rodomi 5 s, balti kvadratai – pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimuli rodomi 30 s. Paveikslo A dalyje pavaizduoti eksperimentų rezultatai, kai testinis apšvietimas yra A, o B dalyje – kai testinis apšvietimas S



5 pav. BR santykio priklausomybė nuo Mansasio 7/4 pavyzdėlių spalvos tono esant A ir S apšvietimams. Balti apskritimai rodo BR, kai testiniai stimuli rodomi 1 s, balti trikampiai – 5 s, balti kvadratai – 30 s. Paveikslo A dalyje pavaizduoti eksperimentų rezultatai, kai testinis apšvietimas yra A, o B dalyje – kai testinis apšvietimas S

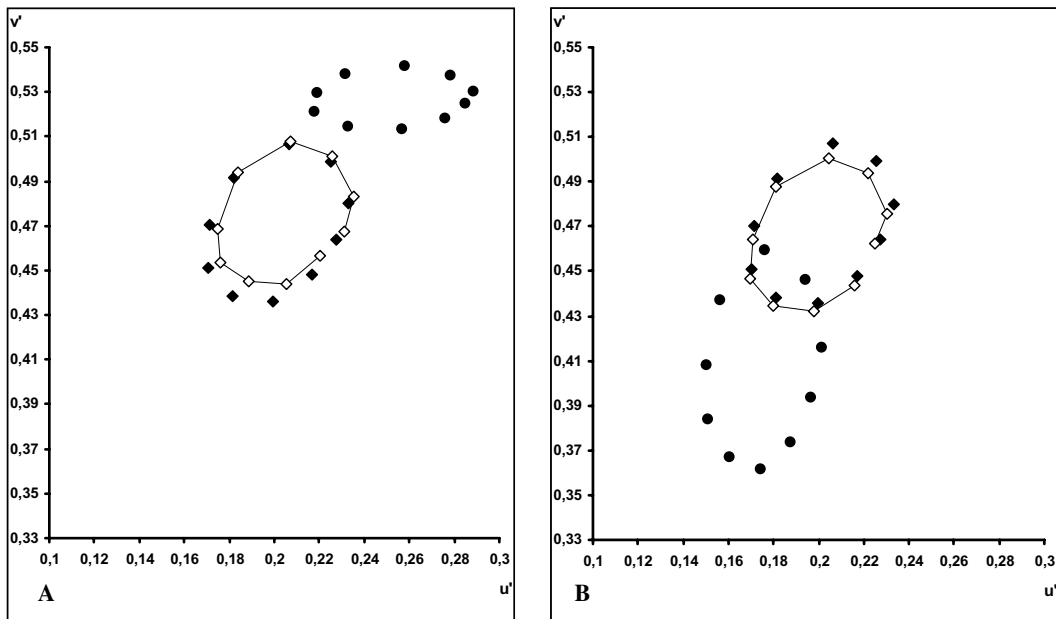
nyti, kad regos sistema nespėja adaptuotis esamomis sąlygomis. Siekiant patikrinti šią hipotezę ir buvo nuspręsta atlikti bandymus pašalinus „tuščiąją aplinką“, regimajame lauke palikus tik testinį stimulą ir neutralų foną. Pašalinti „tuščiąją aplinką“ buvo naudojamas specialus vamzdis. Panaudojus vamzdį tiriamasis nematė „tuščiosios aplinkos“. Hipotezė, kad „tuščioji aplinka“ gali turėti įtakos spalvų suvokimui, neprieštarauja ir kitų autorių darbų rezultatams, kurie rodo, kad ne tik lokalūs signalai, bet ir signalai iš tolimesnių regos lauko sričių prisideda prie objekto spalvos ir ryškumo suvokimo (Wesner and Shevell, 1992, 1994).

Antras bandymų etapas

Bandymų, kai T stimuli stebimi 60 s ir readaptacija trunka 60 s, rezultatai pavaizduoti spalvų plokštumoje u',v' (CIE, 1976) 6 pav. Esant visiems testiniams apšvietimams matyti labai didelis poslinkis pavyzdėlių, apšviestų C apšvietimu, link. Tokio didelio poslinkio nepavyko gauti ankstesniame bandymų etape. Tai aiškiai parodo ir BR reikšmės. Jos pateiktos 7 pav.

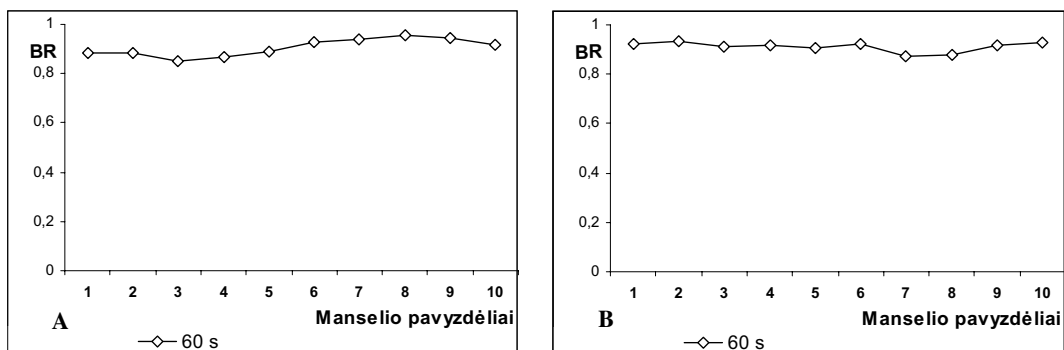
Neutralaus pavyzdėlio arba fono spalvos suvokimas abiejų bandymų etapų metu

8 pav. B dalyje matyti, kokią įtaką turi ilgesnis pavyzdėlio stebėjimo laikas, kai aplink neutralų N7 pavyzdėlį nėra „tuščiosios aplinkos“. Suvokiamas spalvos fonas iš lėto slenka link C apšvietimo – tai yra to apšvietimo, kuriam esant vyksta adaptacija. Toks poslinkis prasideda jau po 5 stebėjimo sekundžių. 8 pav. A dalyje šis efektas nepastebimas, nes aplink T pavyzdėlį yra „tuščioji aplinka“. Norėdami kiekybiškai įvertinti neutralaus pavyzdėlio (arba suvokiamo fono) poslinkį, atlikome receptorių oponentinių atsakų skaičiavimus (9 pav.). Kairiojoje 9 pav. dalyje matome receptorių $r-g$ ir $b-y$ oponentinių atsakų priklausomybę nuo stimulo stebėjimo laiko, kai pavyzdėlis apsuptas „tuščiosios aplinkos“, o dešinėje 9 pav. dalyje pavaizduotos $r-g$ ir $b-y$ reikšmės, kai „tuščiosios aplinkos“ nėra. Viršutinės paveikslėlio dalys iliustruoja skaičiavimų rezultatus, kai testinis apšvietimas yra A, o apatinės, kai – S. Receptorių oponentinių atsakų skaičiavimas pateikiamas priede. Kaip ma-



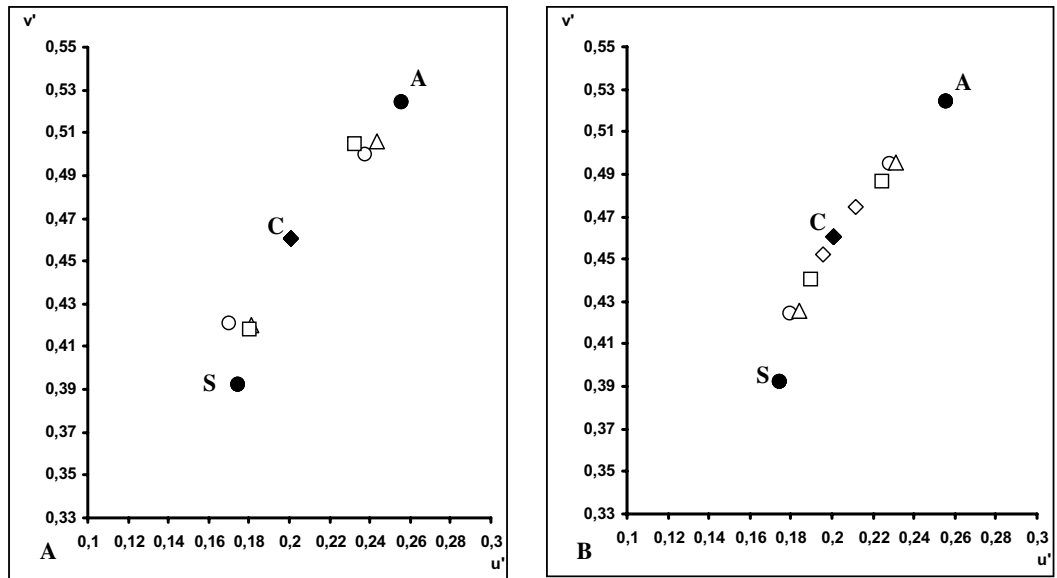
6 pav. 10-ies 7/4 Manselio pavyzdėlių, generuojamų monitoriaus ekrane ir rodomų 60 s, padėties u', v' (CIE, 1976) spalvų plokštumoje esant A ir S apšvietimams.

Juodi rombai žymi pavyzdėlių rinkinio padėtį spalvų plokštumoje apšvietus juos C apšvietimu, juodi apskritimai – testiniais apšvietimais. Tarp šių dviejų rinkinių esantys balti rombai žymi tiriamojo parinktų pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimulai buvo rodomi 60 s. Paveikslo A dalyje pavaizduoti eksperimentų rezultatai, kai testinis apšvietimas yra A, o B dalyje – kai testinis apšvietimas S



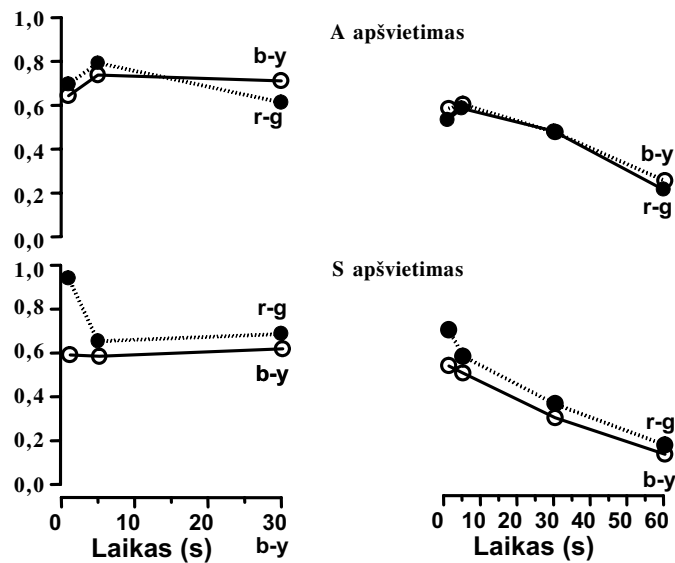
7 pav. BR santykio priklausomybė nuo Manselio 7/4 pavyzdėlių spalvos tono, esant A ir S apšvietimams.

Stimulo rodymo laikas – 60 s. Paveikslo A dalyje pavaizduoti eksperimentų rezultatai, kai testinis apšvietimas yra A, o B dalyje – kai testinis apšvietimas S



8 pav. Fono N7 padėtys u', v' (CIE, 1976) spalvų plokštumoje esant A ir S apšvietimams.

Juodi apskritimai žymi N7 pavyzdėlio padėtį spalvų plokštumoje apšvietus jį A ir S testiniais apšvietimais, juodas rombas – N7 pavyzdėlio padėtį esant C apšvietimui. Balti apskritimai žymi tiriamojo parinktų pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimulai buvo rodomi 1 s, balti trikampiai – pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimulai buvo rodomi 5 s, balti kvadratai – pavyzdėlių padėtį, kai testiniai stimulai buvo rodomi 30 s, balti rombai – 60 s. Paveikslo A dalyje tiriamasis matė „tuščiąją aplinką“, o B dalyje „tuščiosios aplinkos“ nebuvo



9 pav. Suvokiamo fono poslinkis, kaip receptorių oponentinių atsakų funkcija

Kairėje paveikslo dalyje yra receptorių $r-g$ ir $b-y$ oponentinių atsakų priklausomybė nuo stimulo stebėjimo laiko, kai pavyzdėlis apsuptas „tuščiosios aplinkos“, o dešinėje – $r-g$ ir $b-y$ reikšmės, kai „tuščiosios aplinkos“ nėra. Viršutinės paveikslėlio dalys iliustruoja skaičiavimų rezultatus, kai testinis apšvietimas yra A, o apatinės, kai – S

tome pagal 9 pav. pateiktus skaičiavimo rezultatus, kai aplink testinį pavyzdėlį „tuščios aplinkos“ nėra, *r-g* ir *b-y* kanalų aktyvumas palaipsniui artėja prie 0.

Rezultatų aptarimas

Kaip matyti iš šio tyrimo pirmojo bandymų etapo rezultatų (literatūroje taip pat yra duomenų), kad trumpai stebint stimulą spalvų suvokimo konstantiškumas būna dalinis arba nevisiškas (Lucassen and Walraven, 1993; Kulikowski and Vaitkevičius, 1997; Kulikowski et al., 2001; Брейве и др., 1999). Prisiminkime, kad šiame tyrime, ilgiau stebint stimulus (5 ir 30 s), nebuvo jokio spalvų suvokimo konstantiškumo pagerėjimo, t. y. tiriamųjų suvoktų „elipsių“ padėtys spalvinėje plokštumoje nekito (4 pav.) arba kito nedaug. O daugelio autorių (Wyszecki and Stiles, 2000; Lucassen and Walraven, 1993; Kulikowski and Vaitkevičius, 1997; Kulikowski et al., 2001; Брейве и др., 1999) nuomone, ilginant stimulo rodymo laiką spalvų suvokimo konstantiškumas dėl adaptacijos turėtų gerėti.

Kaip parodė formalus modeliavimas, naudojant dirbtinius neuroninius tinklus beveik visiškas spalvų suvokimo konstantiškumas gali būti pasiekiamas dėl simultaninio kontrasto (Stanikūnas, 2000). Šie rezultatai labai skyrėsi nuo rezultatų, gautų pirmajame bandymų etape. Tačiau R. Stanikūnas gavo kitokius rezultatus, kurie buvo labai artimi rezultatams, gautiems darrant bandymus su žmonėmis padarius prielaidą, kad tinklo „suvokiama“ fono spalva nėra neutrali: ji buvo C ir testinio apšvietimo šaltinių vidurkis (Stanikūnas, 2000). Buvo pasakyta nuomonė, kad ilginant fono stebėjimo laiką, suvokiama spalva turėtų artėti prie neutralios ir taip keisti ir suvokiamą testinio pavyzdėlio spalvą. (Tai ir gavome atlikdami antrojo etapo bandymus, kuriuose testinis neutralus pavyzdėlis artėdavo prie neutralaus C apšvietimo (8 pav., B).)

Kiti autoriai (Wesner and Shevell, 1994; Webster and Mollon, 1994, 1995; Shevell and Wei, 1998) mano, kad suvokiamos spalvos kitimas bėgant laikui yra susijęs su kontrasto kitimu. Šių autorių nuomone, spalvą nusako receptorių atsakų skirtumas $\Delta R_i = R_{iF} - R_{iT}$; čia R_{iF} ir R_{iT} – receptorių ($i = 1, 2, 3$) atsakas į šviesą, atsispindėjusią nuo fono ir testinio pavyzdėlio. Fonas arba kiti stimulai, esantys regos lauke, keičia regos sistemos jautrumą kontrastui.

Mūsų darbe buvo padaryta prielaida, kad suvokta pavyzdėlio spalva yra suvoktos fono spalvos ir fono bei pavyzdėlių spalvų skirtumo suma. Ši prielaida formaliai neprieštarauja anksčiau pasakytai nuomonei (Wesner and Shevell, 1994; Webster and Mollon, 1994, 1995; Shevell and Wei, 1998). Minėtų autorių teigimu, kontrastas bėgant laikui keičiasi.

Atliekant bandymus su stimulais, generuojamais monitoriaus ekrane, kai jie buvo stebimi net 30 s, joks poslinkis visiško spalvų suvokimo konstantiškumo link nevyko (4 pav.). Kodėl numatytasis poslinkis bandyme nevyksta? Panagrinėkime, kas šiuo atveju yra fonas. Antrojo ciklo bandymuose mažas 2° dydžio stimulus buvo rodomas 20° dydžio neutraliame fone (N7). Aplink neutralų foną buvo tamsus, nešvytintis ekranas, kurį pavadinome „tuščiąja aplinka“ (1 pav.). Į ją tiriamieji nekreipdavo dėmesio. Buvo manoma, kad ji neturėtų tiesiogiai veikti fotoreceptorių. Tačiau neaišku, ar ši regimojo lauko dalis yra fono dalis, ar tiriamųjų regos sistemos jos nepaiso. Paprastai foną sudaro visas regimasis laukas (McCann, 1992; Юберг и др., 1971a; Ярбѳс, 1975a, 1975b, 1976). Buvo padaryta prielaida, kad „tuščioji aplinka“ yra fonas arba bent fono dalis, tuomet suvokiamo stimulo spalva nustatoma fono, kurį sudaro 20° dydžio neutralus laukas ir „tuščioji aplinka“, atžvilgiu. Šiuo atveju adaptacija prie tokio fono nevyksta arba ji – labai nedidelė, nes maždaug 60% viso monitoriaus ekrano nespinduliuoja šviesos, fo-

toreceptoriai neveikiami ir adaptacija, susijusi su šiais receptoriais, neturėtų vykti.

Antrojo etapo bandymuose, kai mėginama išsiaiškinti, ar ši prielaida teisinga, iš regėjimo lauko pašalinama „tuščioji aplinka“. Šiuo atveju tiriamasis stebėjo foną (20° stimulą) ir mažą T stimulą (2°) per specialų vamzdį, kurio skersmuo buvo šiek tiek mažesnis už 20°, o sienelės buvo tokios pat spalvos kaip ir fonas. Taigi visą tiriamojo regos lauką sudarė vientisas fonas, kuriame buvo matyti stimulus (pavyzdėlis). Šių bandymų metu tiriamojo regos lauke liko tik vienas stimulus ir fonas, t. y. regimajame lauke nebuvo „tuščiosios aplinkos“.

Kadangi mūsų hipotezė teigė, kad suvokiama objekto spalvą nusako du posistemiai: vienas nustato objekto spalvą fono atžvilgiu (ši spalva nusakoma kontrasto), o kitas vertina fono spalvą (adaptacijos procesai), buvo atlikti bandymai su 10 Manselio pavyzdėlių, matomų vientisame fone. Jeigu suvokiama pavyzdėlio spalva priklauso nuo fono spalvos, kuri kinta bėgant laikui, tai turėtų vykti ir pavyzdėlio spalvos poslinkis, kurio kryptis turėtų sutapti su fono spalvos poslinkiu. Jeigu turime 10 pavyzdėlių, tai jų „elipsė“ spalvos plokštumoje bėgant laikui turėtų slinkti fono spalvos poslinkio kryptimi. Šiuo bandymu nustatytas, kaip ir tikėtasi, labai geras spalvų suvokimo konstantiškumas (BR artimas 1) (7 pav.), o suvoktų spalvų elipsė labai priartėjo prie pavyzdėlių, apšviestų C apšvietimu, elipsės (6 pav.).

Neutralaus pavyzdėlio arba fono spalvos suvokimas (8 pav.) gali būti išreikštas ir receptorių oponentiniais atsakais (kaip pavaizduota 9 pav.). Toks rezultatų vaizdavimas suteikia galimybę ne tik pastebėti, kaip laikui bėgant kinta suvokiamo fono spalva, bet ir kaip kitimas priklauso nuo adaptacijos laiko. Taigi suvokiamas fonas bėgant laikui slenka link apšvietimo C, o $r-g$ ir $b-y$ kanalų aktyvumas pamažu artėja prie 0, kai aplink testinį pavyzdėlį „tuščios aplinkos“ nėra. Taigi $r-g$ ir $b-y$ kanalų aktyvumas mažėja

dėl adaptacijos procesų, o tokie pakitimai maži, kai tiriamojo stebėjimo lauke yra „tuščioji aplinka“. Panašūs rezultatai gauti ir kituose R. Stanikūno ir bendraautorių darbuose (2005).

Taigi pagal bandymų rezultatus galime teigti, kad yra du skirtingi spalvos suvokimo procesai. Vienas yra greitas (beveik šuoliškas, 0,2–5 s), kitas lėtesnis, kuris aiškiai pastebimas po 30 s.

Išvados

1. Kai stimulai pateikiami trumpai (1 s), vyksta dalinis spalvų suvokimo konstantiškumas, kuris nekinta (arba kinta nedaug) stebint stimulą ir ilgiau (5 ir 30 s). Tokių spalvų suvokimą sąlygoja greiti procesai, kurie patvirtina simultaniinio kontrasto įtaką konstantiniam spalvų suvokimui.

2. Kai fonas yra mažas, adaptacijos įtaka spalvų suvokimo konstantiškumui – nedidelė, net stebint stimulus ilgai (5 ir 30 s) nepasiekiamas visiškasis spalvų suvokimo konstantiškumas.

3. Esant dideliame fonui, kuris užpildo visą regėjimo lauką, dėl adaptacijos būdinga visiškasis spalvų suvokimo konstantiškumas.

Priedas

Oponentinių atsakų apibūdinimas (apibrėžimas)

Šiame straipsnyje panaudotas oponentinis modelis pagal V. Smith ir J. Pokorny (1975), kuris remiasi tiesine sąveika tarp L, M ir S receptorių. ($r-g$), ($b-y$) ir (a) yra atitinkamai raudonų – žalių, geltonų – mėlynų ir achromatinių receptorių atsakų oponentinės funkcijos. Taigi parinktam pavyzdėliui (O_i)_m oponentinių receptorių reikšmės yra gaunamos iš:

$$\begin{bmatrix} a \\ r-g \\ b-y \end{bmatrix}_m = \begin{bmatrix} 0,633 & 0,396 & 0 \\ 2,219 & -2,613 & 0 \\ 0,355 & 0,355 & -1,023 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix}_m$$

čia:

a_m – pasirinkto pavyzdėlio achromatinis atsakas;

$(r-g)_m$ – pasirinkto pavyzdėlio raudonų – žalių receptorių atsakas;

$(y-b)_m$ – pasirinkto pavyzdėlio geltonų – mėlynų receptorių atsakas.

Matas pasirenkant šiai transformacijai koeficientus buvo:

- Šviesumas yra paremtas santykiu 1,6 tarp L ir M.
- $(r-g)$ ir $(y-b)$ oponentinės funkcijos, lygios 0, kai apšvietimas yra C.
- L ir M yra lygios, kai skaičiuojamas $(b-y)_m$.

LITERATŪRA

CGPM. Echelle Internationale Pratique de Temperature de 1969, Comptes Rendus des Seances de la 13^{me} Conference Generale des Poids et Mesures, Paris, Octobre 1967 and Octobre 1968, Bur. Int. des Poids et Mesures, F-92-Sevres, France.

Daugirdienė A., Vaitkevičius H. Stimulo erdvinių savybių ir stebėjimo trukmės įtaka spalvos pastovumui // *Psichologija*. 2001, t. 24, p. 48–57.

Daugirdienė A., Vaitkevičius H., Švegžda A., Viliūnas V. Spalvų suvokimo konstantiškumas: fono ir kontrasto įtaka // *Psichologija*. 2000, t. 21, p. 50–61.

Jameson D., Hurwich L. M. Essay concerning color constancy // *Annual Review of Psychology*. 1989, vol. 40, p. 1–22.

Kulikowski J. J., Vaitkevičius H. Colour constancy as a function of hue // *Acta Psychologica*. 1997, vol. 97, p. 25–35.

Kulikowski J. J., Stanikūnas R., Jurkutaitis M., Vaitkevičius H., Murray I. J. Color and brightness shifts for isoluminant samples and backgrounds // *Color Research and Application*. 2001, vol. 26, p. 205–208.

Lucassen M. P., Walraven J. Quantifying color constancy: Evidence for nonlinear processing of cone – specific contrast // *Vision Research*. 1993, vol. 33, p. 739–757.

McCann J. J. Rules of color constancy // *Ophthalmic and Physiological Optics*. 1992, vol. 12, p. 175–177.

Shevell S. K. The dual role of chromatic background in color perception // *Vision Research*. 1978, vol. 18, p. 1649–1661.

Shevell S. K., Burroughs T. J. Light spread and scatter from some common adapting stimuli // *Vision Research*. 1988, vol. 28, p. 605–609.

Shevell S. K., Humanski R. A. Color perception under contralateral and binocularly fused chromatic adaptation // *Vision Research*. 1984, vol. 24, p. 1011–1019.

Shevell S. K., Wei J. Chromatic induction: Border contrast or adaptation to surrounding light? // *Vision Research*. 1998, vol. 38, p. 1561–1566.

Smith V., Pokorny J. Spectral sensitivity of the foveal cone pigments between 400 and 700 nm // *Vision Research*. 1975, vol. 15, p. 161–171.

Stanikūnas R. Dirbtinių neuronų tinklų taikymas spalvų konstantiškumui ir erdvės suvokimui tirti. Daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas, 2000.

Stanikūnas R., Vaitkevičius H., Kulikowski J. J., Murray I. J., Daugirdienė A. Colour matching of isoluminant sample and backgrounds: A model // *Perception*. 2005, vol. 34, p. 995–1002.

Troost J. M., de Weert C. M. M. Naming versus in color constancy // *Perception and Psychophysics*. 1991, vol. 50, p. 591–602.

Webster M. A., Mollon J. D. The influence of contrast adaptation on color appearance // *Vision Research*. 1994, vol. 34, p. 1993–2020.

Webster M. A., Mollon J. D. Colour constancy influenced by contrast adaptation // *Nature*. 1995, vol. 373, p. 694–698.

Wesner M. F., Shevell S. K. Color perception within a chromatic context: Changes in red / green equilibria caused by noncontiguous light // *Vision Research*. 1992, vol. 32, p. 1623–1634.

Wesner M. F., Shevell S. K. Color perception within a chromatic context: The effect of short-wavelength light on color appearance // *Vision Research*. 1994, vol. 34, p. 359–365.

Wyszecki G., Stiles W. S. *Color Science: Concepts and methods, quantitative data and formulae*. New York: Wiley-Interscience Publication, 2000.

Брейве К., Вайткявичюс Г., Станикунас Р., Швяжда А., Куликовский Я., Аль-Алтар З. Исследование константности цветовосприятия // *Сенсорные системы*. 1999, т. 136, с. 283–289.

Нюберг Н. Д., Бонгард М. М., Николаев П. П. О константности восприятия окраски // Биофизика. 1971а, т. 16, с. 285–293.

Нюберг Н. Д., Николаев П. П., Бонгард М. М. О константности восприятия окраски // Биофизика. 1971б, т. 16, с. 1052–1063.

Ярбус А. Л. О работе зрительной системы человека. Адекватный зрительный стимул // Биофизика. 1975а, т. 20, с. 916–919.

Ярбус А. Л. О работе зрительной системы человека. II Цвет // Биофизика. 1975б, т. 20, с. 1099–1104.

Ярбус А. Л. О работе зрительной системы человека. III Пространство цветовых ощущений // Биофизика. 1976, т. 21, с. 150–152.

FACTORS OF COLOUR PERCEPTION CONSTANCY: CONTRAST AND BACKGROUND ADAPTATION

Aušra Daugirdienė, Rytis Stanikūnas, Henrikas Vaitkevičius, Ian J. Murray, Janus J. Kulikowski

Summary

Colour constancy is the ability of the human visual system to comprehend the constant colour of an object with no regard to changes in the illumination spectrum. Each year witnesses the appearance of new scientific works in various countries. The works touch upon different aspects of the phenomenon. Although scientific research has been conducted for many years, there is no recognised theory explaining the mechanisms that are decisive for colour constancy. The aim of the present work was to establish the influence of contrast, adaptation and background structure upon colour constancy.

All experiments were performed with the application of asymmetric matching. Five subjects took part in the experiments. Colour constancy was examined by performing experiments in three cycles. The test illuminants were two Planckian illuminants, standard illuminant A ($u^* = 0.2559$, $v^* = 0.5243$), illuminant S ($u^* = 0.1744$, $v^* = 0.3923$) and illuminants r ($u^*/v^* = 0.2618/0.4533$), g ($u^*/v^* = 0.1517/0.4667$), v ($u^*/v^* = 0.2116/0.3766$), y ($u^*/v^* = 0.1939/0.5180$). The first set of 7/4 (value – 7/, chroma – /4) of 10 Munsell samples served as test stimuli in the experiments of the second cycle. Being 2° in size, they were generated in the centre of the monitor. The samples were surrounded by a neutral background, sized N7 20° (N meaning the colour being neutral, with the value of 7). Around the neutral background, subject of the experiment saw the non-radiating part of the screen, which we called the „black surround“ (Fig. 1). In the second set of the experiment, the subjects observed the stimuli through

a cardboard tube (Fig. 2). Neutral N7 Munsell samples and a set of 7/4 (value – 7/, chroma – /4) of 10 Munsell samples served as test stimuli in the experiments of the third cycle.

Colour constancy is quantitatively evaluated on the basis of the Brunswik Ratio (BR) (Troost and de Weert, 1991). Higher values of BR were associated with longer adaptation periods, but only when a larger background was used (second cycle of experiments (Fig. 7)). Supplementary experiments showed that the changes in colour appearance were related to a slight shift in the perceived colour of the background. The timing of the colour shifts was modelled in terms of cone-opponent responses.

Our conclusions are:

1. When stimuli are exposed for a short period of time (1 s), partial colour constancy takes place. It does not change (or changes insignificantly) when the stimulus is observed for a longer time (5 and 30 s). Such colour constancy is determined by fast processes which confirm the influence of simultaneous contrast on colour constancy.

2. When the background is small, the influence of adaptation on colour constancy is little, even if the observation time is long (5 or 30 s).

3. When the background fills the entire field of vision, adaptation results in a high colour constancy perception.

Key words: colour constancy, contrast, adaptation, Munsell samples.

Iteikta 2007-01-31