

# प्रकरण-1 मानवी बोधनिकतेचे दृष्टिकोन (Approaches to Human Cognition)

प्रा. डॉ. भरत नाईक

महावीर महाविद्यालय, कोल्हापूर.

प्रा. डॉ. विकास मिणचेकर

श्रीमती गंगाबाई खिवराज घोडावत कन्या महाविद्यालय, सांगली.

डॉ. राहुल कश्यप

भोगावती महाविद्यालय, कुरुकली.

---

## 1.1 प्रास्ताविक

(Introduction)

## 1.2 बोधनिक मानसशास्त्र आणि बोधनिक मज्जामानसशास्त्र.

(Cognitive Psychology and Cognitive Neuropsychology)

## 1.3 बोधनिक मज्जाशास्त्र : मेंदूच्या कार्याचा अभ्यास.

(The Cognitive Neuroscience: The Brain in Action)

## 1.4 संगणकीय बोधनिक शास्त्र.

(Computational Cognitive Science)

## 1.1 प्रास्ताविक (INTRODUCTION)

आपण आता 21 व्या शतकात पोहोचलो आहोत आणि मानवी मेंदू आणि मनाची रहस्ये उलघडण्यात पूर्वीपेक्षा अधिक रस घेत आहोत. बोधनिक मानसशास्त्र आणि बोधनिक मज्जाशास्त्रामधील संशोधनातील लक्षणीय वाढीचा हा प्रभाव आहे. चिकित्सालयीन मानसशास्त्रामध्येही बोधनिक मानसशास्त्र जोर धरत आहे. मानसिक विकृतींच्या (mental disorders) उपचारामध्ये बोधनिक प्रक्रिया (विशेषतः बोधनिक पूर्वग्रह) एक विशेष भूमिका बजावत असल्याचे गृहीत धरले जाते. याचबरोबर सामाजिक संप्रेषण (social communication) समजून घेण्यामध्ये बोधनिक प्रक्रिया उपयुक्त ठरत असल्याचे सामाजिक मानसशास्त्रज्ञ मानतात.

बोधनिक मानसशास्त्र म्हणजे काय? याचा विचार केल्यास, सभोवतालच्या वातावरणास अनुसरून दिल्या जाणाऱ्या अनुरूप प्रतिक्रियांमध्ये समविष्ट असणाऱ्या आंतरिक प्रक्रियांशी बोधनिक मानसशास्त्र संबंधित असल्याचे दिसते. या आंतरिक प्रक्रियांमध्ये अवधान, संवेदन, अध्ययन, स्मृती, भाषा, समस्या परिहार, तर्क आणि विचार इत्यादींचा समावेश होतो. या सर्वांचा विचार केल्यास, **विविध बोधनिक कार्ये पार पाडत असताना मानवी वर्तनाचे निरीक्षण करून मानवी बोधनिक प्रक्रियेचा अभ्यास करणारे शास्त्र म्हणजे बोधनिक मानसशास्त्र होय. ज्यामध्ये मेंदूची रचना आणि मेंदूतील हालचालींच्या अभ्यासाचाही समावेश होतो** (cognitive psychology as aiming to understand human cognition by observing the behaviour of people performing various cognitive tasks.; a broader definition also includes the study of brain activity and structure). अशी बोधनिक मानसशास्त्राची व्याख्या करता येईल.

बोधनिक मज्जाशास्त्रज्ञ आणि बोधनिक मानसशास्त्रज्ञ यांची उद्दिष्टे काही अंशी एकमेकांना व्यापतात. तथापि, या दोन्ही समूहातील शास्त्रज्ञांच्या कार्यामध्ये दिसून येणारा फरक म्हणजे, बोधनिक कार्यामध्ये व्यक्ती गुंतली असता तिच्या वर्तनाबरोबरच मेंदूच्या अभ्यासाचा समावेश बोधनिक मज्जाशास्त्रामध्ये होतो. कारण शेवटी, मानवी आकलनामध्ये समविष्ट अंतर्गत प्रक्रिया मेंदू मध्येच घडून येतात. यावरून, **मानवी बोधन समजून घेण्यासाठी वर्तन आणि मेंदूविषयीच्या महितीचा उपयोग करणे म्हणजे बोधनिक मज्जाशास्त्र होय** (cognitive neuroscience as using information about behaviour and the brain to understand human cognition). अशी व्याख्या बोधनिक मज्जाशास्त्राची करता येईल. अशाप्रकारे, व्यापक अर्थाने पाहिल्यास बोधनिक मज्जाशास्त्र आणि बोधनिक मानसशास्त्र यामधील फरक काही अंशी अस्पष्ट असल्याचे दिसते.

बोधनिक मज्जाशास्त्रज्ञ अनेक मार्गाने मानवी बोधनिकतेचा अभ्यास करतात. यामध्ये मेंदुप्रतिमान तंत्रे (brain-imaging techniques), विद्युतशरीरशास्त्रीय तंत्रे (electrophysiological techniques) (मेंदूद्वारे उत्पन्न झालेल्या विद्युत संकेतांची नोंद करणे) तसेच, मेंदुस झालेल्या दुखापतीचा (brain damage) मानवी बोधनावर होणारा परिणाम अभ्यासणे इत्यादींचा समावेश होतो. असे गृहीत धरले जाते की, मेंदुस दुखापत झालेल्या रूग्णांच्या बोधनिक हासाच्या अभ्यासावरून सामान्य बोधनिक प्रक्रिया आणि विविध बोधनिक प्रक्रियांमध्ये समविष्ट असणाऱ्या क्षेत्रांविषयी माहिती उपलब्ध होते. प्रसारमाध्यमे, जसे वेगवेगळी पुस्तके, टीव्ही वरील कार्यक्रम आणि चित्रपट इत्यादींच्या माध्यमातून मेंदूचे कार्य कसे चालते याचे प्रतिबिंब ही उमटल्याचे दिसते.

## अ) मानवी बोधनिकतेचे विषयीचे चार प्रमुख दृष्टिकोन (Four main approaches).

मानवी बोधनिकतेचे चार मुख्य दृष्टिकोन आहेत. तथापि, मानवी बोधन समजून घेण्यासाठी दोन किंवा त्याहून अधिक दृष्टिकोनांचा एकत्र अवलंब शास्त्रज्ञ करतानाचे दिसतात.

1) **बोधनिक मानसशास्त्र (Cognitive psychology):** वार्तनिक पुरावे वापरून मानवी बोधन समजून घेण्याचा समावेश यामध्ये होतो. बोधनिक शास्त्र आणि बोधनिक मज्जाशास्त्रांमध्ये वार्तनिक माहितीस अधिक महत्त्व आहे. पण, बोधनिक मानसशास्त्राचा प्रभाव अधिक असल्याचे दिसते.

2) **बोधनिक मज्जामानसशास्त्र (Cognitive neuropsychology):** सामान्य मानवी बोधनिकता समजून घेण्यासाठी मेंदूस दुखापत झालेल्या रुग्णांच्या अभ्यासाचा समावेश या दृष्टिकोनामध्ये होतो. मूलतः हा अभ्यास बोधनिक मानसशास्त्राशी जोडलेला आहे परंतु अलीकडे बोधनिक मज्जाशास्त्राशी देखील जोडलेला दिसतो.

3) **बोधनिक मज्जाशास्त्र (Cognitive neuroscience):** मानवी बोधन समजून घेण्यासाठी वर्तन आणि मेंदूच्या अभ्यासातून मिळालेल्या पुराव्यांच्या वापराचा समावेश या दृष्टिकोनामध्ये होतो.

4) **संगणकीय बोधनिक शास्त्र (Computational cognitive science):** मानवी बोधनिकता समजून घेण्यासाठी संगणकीय प्रारूपांच्या विकासाचा समावेश यामध्ये होतो; मानवी वर्तन आणि मेंदूच्या ज्ञानाचा अधिकाधिक विचार अशा प्रारूपांमध्ये केला जातो.

## 1.2 बोधनिक मानसशास्त्र आणि बोधनिक मज्जामानसशास्त्र.

### (COGNITIVE PSYCHOLOGY AND COGNITIVE NEUROPSYCHOLOGY)

#### अ) बोधनिक मानसशास्त्र (Cognitive psychology)

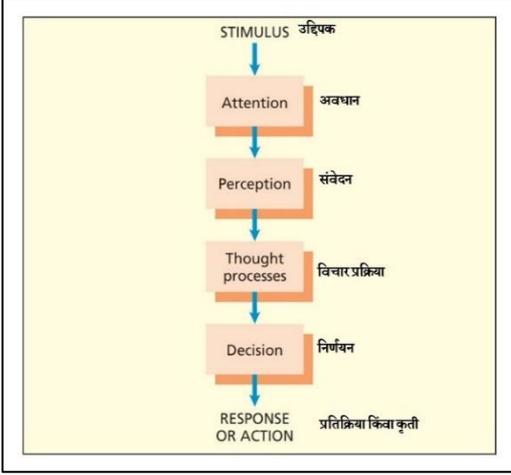
बोधनिक मानसशास्त्राच्या विकासात योगदान दिलेल्या दृष्टिकोनांचा विचार केल्यास वर्तनवादाचा उल्लेख सर्वप्रथम येतो. अमेरिकन मानसशास्त्रज्ञ जॉन वॅटसन (1878-1958) यांना वर्तनवादाचे जनक मानले जाते. वर्तनवादाने उद्दीपक-प्रतिक्रियेवर भर दिला. या दोन्ही संकल्पना निरीक्षणक्षम असल्याने हा दृष्टिकोन अधिक वैज्ञानिक वाटतो. वर्तनवादाने "बोधावस्था, मानसिक स्थिती, मनाचे घटक, अंतरनिरीक्षण या संकल्पना कधीच स्विकारल्या नाहीत. मानसशास्त्राने निरीक्षणक्षम गोष्टींचा अभ्यास केला पाहिजे. त्यामुळे त्यांनी आंतरिक मानसिक प्रक्रिया (जसे, अवधान) नाकारल्या. तथापि, असे असले तरी मानवी बोधनिक प्रक्रियेतील आंतरिक मानसिक प्रक्रियांचे महत्त्व कमी होत नाही. कारण, टोलमन (1948) हे देखील वर्तनवादी होते परंतु त्यांनी आंतरिक मानसिक प्रक्रियांचे महत्त्व नाकारले नाही. उंदरावर केलेल्या अभ्यासात, व्यूह अध्ययनात मार्गक्रमणा करत असताना उंदराद्वारे बोधनिक नकाशा तयार (cognitive map) केल्याचे त्यांच्या अभ्यासातून स्पष्ट झाले. यातून बोधनिक मानसशास्त्रामध्ये आंतरिक मानसिक प्रक्रियांचे महत्त्व स्पष्ट होते.

"बोधनिक मानसशास्त्राची सुरवात कधी झाली ?", याबाबत दीर्घकाळापासून माहिती उपलब्ध आहे. तथापि, 1956 साल या प्रश्नाच्या उत्तराबाबत अत्यंत महत्त्वाचे ठरते. मॅसॅच्युसेट्स इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी येथे झालेल्या सभेत नोम चॉम्स्कीने त्यांचा भाषेचा सिद्धांत मांडला, जॉर्ज मिलरने अल्प-कालीन स्मृतीविषयक  $\pm 7$  या जादुई अंकाची चर्चा केली (मिलर, 1956). आणि अॅलन नेवेल आणि हर्बर्ट सायमन यांनी सामान्य समस्या परिहार याबाबत चर्चा केली. याचबरोबर बोधनिक दृष्टिकोनातून संकल्पना निर्मितीच्या अभ्यासाचा प्रयत्नही याच साली झाला (ब्रुनर आणि इतर., 1956).

मानवी बोधनिकतेचे स्पष्टीकरण करताना, मानवी मन आणि संगणक यातील समानतेवर भर देणारा माहिती-प्रक्रियन दृष्टीकोन अनेक वर्षांपासून बोधनिक मानसशास्त्रज्ञांनी स्वीकारल्याचा दिसतोय. 1970 मध्ये प्रसिद्धी पावलेल्या या दृष्टीकोनाचे स्पष्टीकरण आकृती क्रं. 1.1 मधून होते.

एखादा उद्दीपक (उदा. समस्या किंवा कार्य) सादर केला असता, त्याला अनुसरून विविध आंतरिक बोधनिक

आकृती 1.1



प्रक्रिया घडून येतात, आणि परिणामतः इच्छित प्रतिक्रिया किंवा उत्तराची निर्मिती होते. पण हे आंतरिक बोधनिक प्रक्रियन कसे घडून येते? ते पुढील प्रकारे.

1) **ऊर्ध्वगामी प्रक्रियन (bottom-up processing)** : वातावरणीय उद्दीपकाच्या प्रभावामुळे थेट घडून येणाऱ्या प्रक्रियनास ऊर्ध्वगामी प्रक्रियन असे म्हणतात (Processing directly influenced by environmental stimuli).

2) **अधोगामी प्रक्रियन (Top-down processing)**: उद्दीपकाच्या प्रभावाने न घडून येता, व्यक्तीचे भूतकाळातील अनुभव आणि अपेक्षांच्या

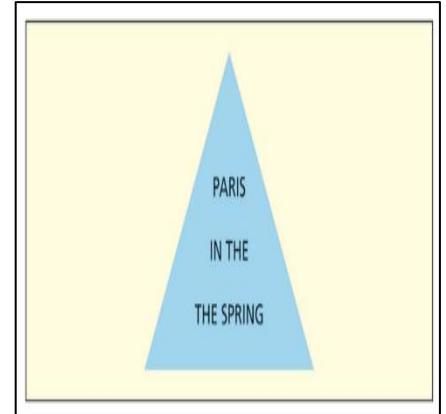
प्रभावाने घडून येणाऱ्या प्रक्रियनास अधोगामी प्रक्रियन असे म्हणतात (Stimulus processing that is influenced by factors such as the individual's past experience and expectations rather than simply by the stimulus itself). शेजारील आकृती क्रं. 1.2 पहा. ज्यामध्ये, THE हा शब्द दोन वेळा आलेला असूनही, PARIS IN THE SPRING असे आपण वाचन करू.

3) **क्रमिक प्रक्रियन (Serial processing)** : या प्रक्रियेत पुढील प्रक्रिया सुरू होण्यापूर्वी सध्या स्थितीतील प्रक्रिया प्रथम पूर्ण केले जाते (Processing in which one process is completed before the next one starts). एकावेळी एक याप्रमाणे.

4) **समांतर प्रक्रियन (Parallel processing)** : असे प्रक्रियन ज्यामध्ये दोन किंवा दोनपेक्षा अधिक बोधनिक प्रक्रिया एकाचवेळी घडून येतात (Processing in which two or more cognitive processes occur at the same time). जी गोष्ट करण्याचा आपणास अधिक सराव असतो अशा वेळी या प्रक्रियेचा अवलंब केला जातो. उदाहरणार्थ, चार चाकी चालवत असताना, एकाच वेळी गाडीची गती नियंत्रित करणे, गियर बदलणे आणि समोर व आजूबाजूच्या लोकांकडे लक्ष देणे हे एखाद्या नवख्या चालकापेक्षा अनुभवी चालकास अधिक चांगल्या प्रकारे जमते.

तथापि, बऱ्याच बोधनिक कार्यांमध्ये भिन्न बोधनिक प्रक्रियांची आवश्यकता असते. पण अशी ही काही बोधनिक कार्ये असतात जिथे समान बोधनिक प्रक्रियांचा वापर केला जातो.

आकृती 1.2



## ब) बोधनिक मज्जामानसशास्त्र/चेतामानसशास्त्र (Cognitive neuropsychology)

मेंदूला क्षती झालेल्या रुग्णांचे बोधनिक कार्यनिर्वर्तन अखंड आहे की त्यामध्ये हास झाला आहे. याच्याशी बोधनिक मज्जामानसशास्त्र संबंधित असल्याचे दिसते. अशा रुग्णांच्या मेंदुस क्षती झालेली असते. **दुखापतीमुळे किंवा एखाद्या आजारपणामुळे मेंदूला रचनात्मक इजा होणे म्हणजे क्षती होय** (lesion, a structural damage to the brain caused by injury or disease). या प्रकारच्या रुग्णांच्या अभ्यासातून सामान्य व्यक्तींची बोधनिक प्रक्रिया कशी चालत असावी हे समजून घेण्यास मदत होते.

त्यामुळे वरवर पाहता बोधनिक मज्जामानसशास्त्र म्हणजे मानवी मेंदूचा अभ्यास असे आपणास वाटेल. पण, आघाडीचे बोधनिक मज्जामानसशास्त्रज्ञ मॅक्स कोल्थर्ट याबाबत असे म्हणतात “आपण जरी मेंदुस क्षती झालेल्या व्यक्तीचा अभ्यास करत असलो तरी बोधनिक मज्जामानसशास्त्र म्हणजे मेंदूचा अभ्यास नसून, बोधनिकतेच्या माहिती-प्रक्रियन प्रारूपांचा अभ्यास आहे. तथापि, इतर बोधनिक मज्जामानसशास्त्रज्ञ कोल्थर्ट च्या मताशी इतके सहमत नाहीत. त्यांच्यामते आपण विविध मेंदुप्रतिमान तंत्रे वापरून मेंदुस क्षती झालेली क्षेत्रे आणि त्यांचा बोधनिक प्रक्रियांवर होणारा परिणाम अभ्यासला पाहिजे.

### 1) बोधनिक मज्जामानसशास्त्रातील सैद्धांतिक गृहीतके (Theoretical assumptions)

बोधनिक मज्जामानसशास्त्रातील प्रमुख गृहितकांची स्पष्ट मांडणी कोल्थर्ट (2001) यांनी पुढील प्रमाणे केली आहे.

पहिले मुख्य गृहितक म्हणजे **कार्यविशेषतः प्रक्रियक क्षेत्रे (modularity)**. बोधनिक यंत्रणेतील एकमेकांपासून स्वतंत्रपणे कार्य करणारी क्षेत्रे किंवा प्रक्रियक म्हणजे कार्यविशेषतः प्रक्रियक क्षेत्रे. प्रत्येक क्षेत्र विशेष प्रकारच्या प्रक्रियनासाठी विशेषीकृत असते (The assumption that the cognitive system consists of many fairly independent or separate modules or processors, each specialised for a given type of processing). या क्षेत्रांना **क्षेत्र विशेषता (domain specificity)** असते असे गृहित धरले जाते. म्हणजे अशी क्षेत्रे फक्त एका विशिष्ट प्रकारच्या उद्दीपक समुहास प्रतिक्रिया देतात. उदाहरणार्थ, चेहरा-प्रत्यभिज्ञान क्षेत्र फक्त चेहरा उपस्थित होताच प्रतिक्रिया देते. कार्यविशेषतः प्रक्रियक यंत्रणेमध्ये क्रमिक प्रक्रियनाचा समावेश होतो. एका क्षेत्राचे काम संपले की दुसऱ्याचे सुरू होते. त्यामुळे या क्षेत्रांमध्ये आपापसात खूप कमी अंतरक्रिया होतानाची दिसून येते.

दुसरे प्रमुख गृहीतक म्हणजे **शरीरशास्त्रीय कार्यविशेष प्रक्रियक्ता (anatomical modularity)**. या गृहीतकानुसार, प्रत्येक कार्यविशेष क्षेत्र मेंदूच्या विशिष्ट क्षेत्रामध्ये स्थित असते. बोधनिक मज्जाशास्त्रज्ञांच्या दृष्टिकोनातून हे गृहीतक महत्वपूर्ण ठरते. कारण, समझा ही क्षेत्र मेंदूच्या विशिष्ट ठिकाणी स्थित नसून संपूर्ण मेंदुभर कोठेही पसरली असती, तर मेंदुस क्षती झालेल्या रुग्णांद्वारे अशा किती क्षेत्रांचे व कसे प्रक्रियन केले जाते हे जाणून घेणे खूप कठीण गेले असते. तथापि, मेंदूच्या विशिष्ट क्षेत्रामध्ये स्थित ही क्षेत्रे विशिष्ट प्रकारच्या कार्याशीच संबंधित असतात याचे खूप कमी पुरावे उपलब्ध आहेत. कारण, भिन्न प्रकारच्या संकीर्ण कार्यांमध्ये मेंदूच्या विविध भागातील क्षेत्रे सक्रिय झाल्याचे दिसले आहे.

तिसरे प्रमुख गृहितक ज्याला कोल्थर्ट (2001) "**सर्व व्यक्तींमधील कार्यात्मक बांधणीची एकसमानता**" ("uniformity of functional architecture across people") असे म्हणतात. हे गृहीतक ही महत्वपूर्ण ठरते. कारण जर हे गृहीतक आपण चुकीचे धरले, तर एका व्यक्तीच्या अभ्यासातून मिळालेल्या निष्कर्षांचा उपयोग आपणास दुसऱ्या

व्यक्तीच्या बोधनिकतेच्या स्पष्टीकरणासाठी/अभ्यासासाठी करता येणार नाही. पण या गृहीतकाचे काही असमर्थन करणारे पुरावे देखील उपलब्ध आहेत.

चौथे गृहितक म्हणजे **क्षतिग्रस्तता (Subtractivity)**. या गृहितकाची मूळ संकल्पना अशी आहे की मेंदूला झालेल्या दुखापतीमुळे एक किंवा अधिक कार्यविशेषतः प्रक्रियक क्षेत्रांमध्ये हास होतो परंतु त्यांच्यामध्ये कोणताही बदल किंवा अधिकची निर्मिती होत नाही. हे गृहितक देखील महत्त्वाचे ठरते? कारण, मेंदूस झालेल्या क्षतीमुळे झालेली क्षती भरून काढण्यास अशा रुग्णांद्वारे नवीन कार्यविशेषतः प्रक्रियक क्षेत्रांची निर्मिती केली जाते असे गृहीत धरल्यास अशा रुग्णांच्या अभ्यासातून अखंड बोधनिक प्रक्रियेचा अभ्यास करणे कठीण होईल. तथापि, **क्षतिग्रस्तता** गृहीतक कधीकधी चुकीचे ठरते. कारण मेंदूस क्षती झाल्याने, हास झालेल्या बोधनिक प्रक्रियांची बरेचदा आंशिक पुनर्प्राप्ती होते (कुस आणि इतर., 2011). या आंशिक पुनर्प्राप्तीमध्ये क्षती झालेल्या क्षेत्रातील कार्याची पुनर्प्राप्ती किंवा मेंदूच्या विविध क्षेत्रांच्या उभारणीचा समावेश होतो.

## 2) बोधनिक मज्जामानसशास्त्रातील संशोधन (Research in Cognitive Neuropsychology)

बोधनिक यंत्रणेचा अभ्यास नेमका कसा केला जातो? याचे पहिले उत्तर म्हणजे **वियोजन (dissociations)** शोधणे. मेंदूस क्षती झालेल्या रुग्णांना ही संकल्पना लागू होते. **अशा रुग्णांचे एका कार्यावर (कार्य-अ) सामान्य निर्वर्तन दिसते तर, दुसऱ्या कार्यामध्ये (कार्य-ब) तीव्र हास झालेला दिसतो** (a patient performs normally on one task (task X) but is impaired on a second one (task Y). उदाहरणार्थ, स्मृतीभ्रंश झालेल्या रुग्णांचे अल्प-कालीन स्मृतीवरील कार्य चांगले दिसून येते. तर दीर्घकालीन स्मृतीवरील कार्यात बिघाड झालेला दिसतो. तथापि, या मधून दोन भिन्न कार्यामध्ये दोन भिन्न प्रकारची क्षेत्रे समाविष्ट आहेत. आणि दीर्घकालीन स्मृतीवरील कार्ये करण्यासाठी आवश्यक असणाऱ्या क्षेत्रामध्ये बिघाड झालेला आहे असा निष्कर्ष काढणे थोडे मोहक वाटत असले तरी तितकेच धोकादायक आहे. कारण, कदाचित दुसरे कार्य अधिक संकीर्ण (कठीण) असू शकते त्यामुळे हा फरक दिसत असावा. ही पद्धती फक्त दोन कार्यांमधील कठीणतेचे स्पष्टीकरण करते. दोन भिन्न कार्यात दोन भिन्न क्षेत्रे समाविष्ट असावीत असा निष्कर्ष निघत नाही.

बोधनिक मज्जामानसशास्त्रज्ञांच्या मते वरील समस्येचे, **दुहेरी वियोजन (double dissociation)** हे उत्तर असावे. ज्यामध्ये **एका रुग्णांचे एका कार्यावर (कार्य-अ) सामान्य निर्वर्तन दिसते तर, दुसऱ्या कार्यामध्ये (कार्य-ब) तीव्र हास झालेला दिसतो, तर दुसऱ्या रुग्णामध्ये याच्या उलट स्थिती दिसते** (one patient performs normally on task X and at an impaired level on task Y, whereas another patient shows the opposite pattern). तथापि, दुहेरी वियोजन दिसून येत असेल तर, एखादे कार्य कठीण व दुसरे सोपे असल्याने हा परिणाम दिसून आला असे आपण म्हणू शकत नाही. उदाहरणार्थ, स्मृतीभ्रंश झालेल्या रुग्णांचे अल्प-कालीन स्मृतीवरील कार्य चांगले दिसून येते. तर दीर्घकालीन स्मृतीवरील कार्यात बिघाड झालेला दिसतो हा दाखला आपण वियोजन समजून घेण्यासाठी घेतला. पण केएफ सारखे पण काही रुग्ण आहेत. ज्यांच्या अल्प-कालीन स्मृतीवरील कार्यात बिघाड दिसून येत असला तरी दीर्घकालीन स्मृतीवरील कार्य अखंड दिसून येते. म्हणजेच दुहेरी वियोजनातून, अल्प-काल आणि दीर्घकाल स्मृती या दोन्ही भिन्न असून दोन्हीच्या कार्यात मेंदूची भिन्न क्षेत्रे समाविष्ट असल्याचे स्पष्ट होते.

शेवटी, आपण सहयोजन (Association) या संकल्पनेचा विचार करू. मेंदूस क्षती झालेल्या वेगवेगळ्या रुग्णांमध्ये जेव्हा काही विशिष्ट लक्षणे किंवा निर्वर्तन हास सातत्याने एकाचवेळी दिसून येतो त्याला सहयोजन असे म्हणतात (Association, The finding that certain symptoms or performance impairments are consistently found together in numerous brain-damaged patients). जेव्हा X आणि Y अशा दोन्ही कार्यांमध्ये हास दिसून येतो तेव्हा सहयोजन उद्भवते. कधीकधी संलक्षणासाठी एक पुरावा म्हणून साहचर्य ही संकल्पना घेतली जाते. संलक्षण म्हणजे, लक्षणे जी सहसा एकाचवेळी उद्भवतात त्यांचा उगम स्रोत एकच असतो (Syndrome, The notion that symptoms that often co-occur have a common origin). तथापि, संलक्षण-आधारित दृष्टिकोनात एक गंभीर दोष आहे. कार्य X आणि कार्य Y यांच्यात एकाचवेळी हास (सहयोजन) दिसून येण्याचे एक महत्वाचे कारण म्हणजे ते ज्या यंत्रणेवर अवलंबून आहेत त्या यंत्रणा मेंदूमध्ये समीप असाव्यात. फक्त ते एकाच यंत्रणेवर अवलंबून असावेत असे नाही. ही या दृष्टीकोनातील एक मोठी उणीव म्हणावी लागेल.

### 3) व्यक्तीअभ्यास आणि व्यक्तीअभ्यास मालिका (Single Case Studies Vs Case Series)

1970 च्या दशकात बोधनिक मज्जामानसशास्त्रास अनेक वर्षे ओलांडून देखील, बहुतेक बोधनिक मज्जामानसशास्त्रज्ञ व्यक्तीअभ्यास पद्धतीचा मोठ्या प्रमाणात वापर करत. याची मुख्यतः दोन प्रमुख कारणे होती. पहिले, बोधनिक हास असणाऱ्या एकाच रुग्णाचा अभ्यास केला जाई. आणि दुसरे म्हणजे, प्रत्येक रुग्णाच्या बोधनिक हासाचे स्वरूप काही अंशी वेगळे असल्याने असा रुग्ण अद्वितीय असतो असे गृहीत धरले जाई. परिणामी, विविध रुग्णांच्या बोधनिक कार्यनिर्वर्तनाचा सरासरी निष्कर्ष दिशाहीन व निरुपयोगी ठरे.

अलिकडच्या काही वर्षांत, व्यक्तीअभ्यास मालिकेकडे (case-series study) बोधनिक मज्जामानसशास्त्रज्ञांची वाटचाल झाली आहे. समान बोधनिक हास असणाऱ्या अनेक रुग्णांचा अभ्यास केला गेला. त्यानंतर, मिळालेल्या वैयक्तिक माहितीची तुलना करून सर्व रुग्णांमध्ये दिसून येणारी तफावत मापली गेली.

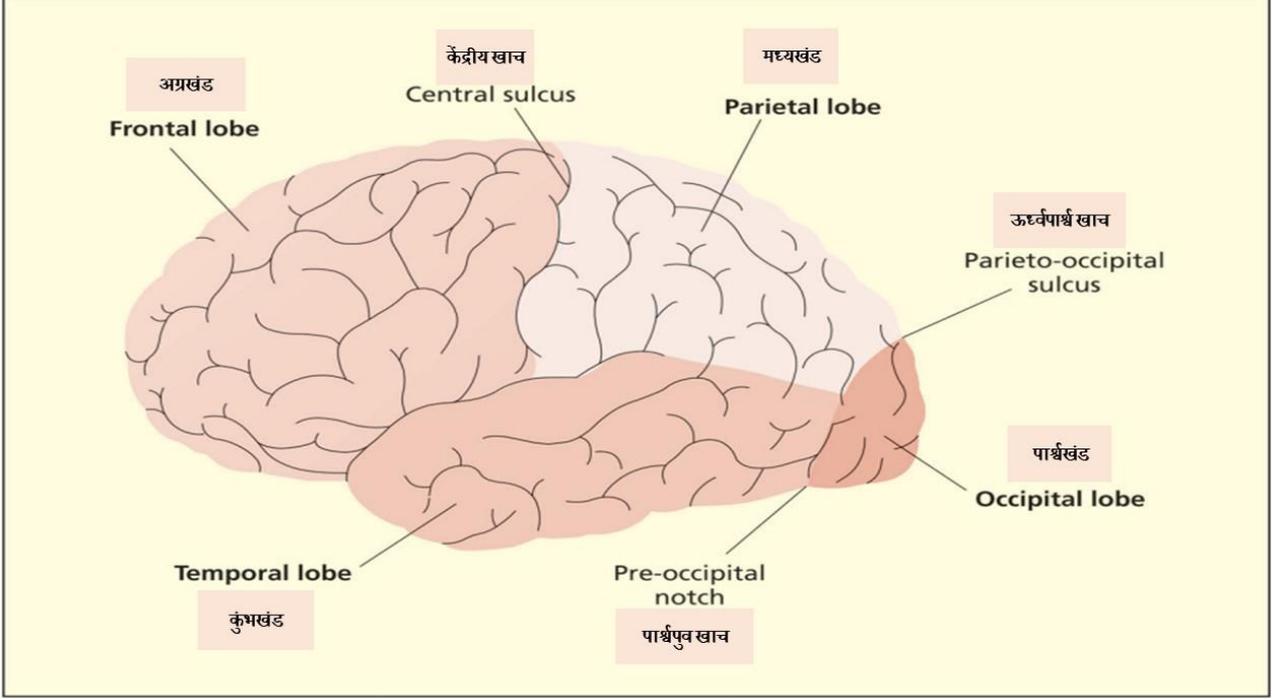
व्यक्तीअभ्यासाच्या तुलनेत व्यक्तीअभ्यास मालिकेस अधिक प्राधान्य दिले जाते याची अनेक कारणे आहेत (लॅम्बन राल्फ आणि इतर., 2011; बार्टोलोमियो आणि इतर., 2017). पहिले, रुग्णांमधील बोधनिक हासाबाबत समृद्ध माहिती उपलब्ध होते. रुग्णांमध्ये बोधनिक हास आहे इतपत मर्यादित न राहता हा हास कितपत आहे ती तफावत पाहता येते. दुसरे कारण, मुख्य अभ्यासापासून अलिप्त असणाऱ्या रुग्णांबाबत ही निष्कर्ष आपणास व्यक्तीअभ्यास मालिकेतून काढता येतात. पण व्यक्तीअभ्यास पद्धतीतून, रुग्ण तशाच समान स्थितीच्या किंवा मुख्य अभ्यासापासून अलिप्त असणाऱ्या रुग्णांचे प्रतिनिधित्व करतो की नाही हे सांगता येत नाही.

### 1.3 बोधनिक मज्जाशास्त्र : मेंदूच्या कार्याचा अभ्यास (COGNITIVE NEUROSCIENCE: THE BRAIN IN ACTION)

मेंदूतील हालचाली आणि वर्तनाच्या गहन अभ्यासाचा समावेश बोधनिक मज्जाशास्त्रात होतो. यात काहीही आश्चर्य नाही की मेंदू एक अत्यंत क्लिष्ट संकल्पना आहे. मेंदूमध्ये 100 अब्ज पेशी अतिशय संकीर्ण मार्गाने एकमेकांशी जोडलेल्या असतात. मेंदूचे संघटन कसे झाले आहे आणि भिन्न क्षेत्रांचे वर्णन कसे केले आहे हे समजून घेवू.

प्रमास्तिष्क बाह्यकाचे मुख्य चार भाग पडतात. अग्रखंड (frontal lobe) मध्यखंड (parietal lobe), पार्श्वखंड (occipital lobe) आणि कुंभखंड (temporal lobe). तसेच मेंदूचे उजवा आणि डावा असे दोन गोलार्ध आहेत. यातील प्रत्येक गोलार्धात चार खंड असतात. केंद्रीय खाचेमुळे अग्रखंड आणि मध्यखंड विभाजित होतात. केंद्रीय खाचेच्या बाजूकडील फुटीमुळे कुंभखंड आणि मध्यखंड एकमेकांपासून विभाजित होतात. तर, ऊर्ध्व-पार्श्व खाच आणि पार्श्व-पूर्व खाच यामुळे मध्यखंड आणि पार्श्वखंड विभाजित होतात.

आकृती 1.3



बोधनिक कार्यादरम्यान सक्रिय होणाऱ्या मेंदू क्षेत्रांचे अचूक वर्णन करण्यासाठी संशोधक खलील संज्ञा वापरतात

- पृष्ठीय किंवा वरचा (dorsal or superior): वरच्या दिशेने असणारा.
- उदरस्थ किंवा खालचा (ventral or inferior) : तळाच्या दिशेने.
- अग्रभाग किंवा पूर्ववर्ती (anterior or rostral) : समोरच्या दिशेने असणारा.
- पार्श्व (posterior) : मागच्या दिशेने असणारा.
- पार्श्विक (lateral) : बाजूला स्थित असणारा.
- मध्यवर्ती (medial) : मध्यभागी स्थित असणारा.

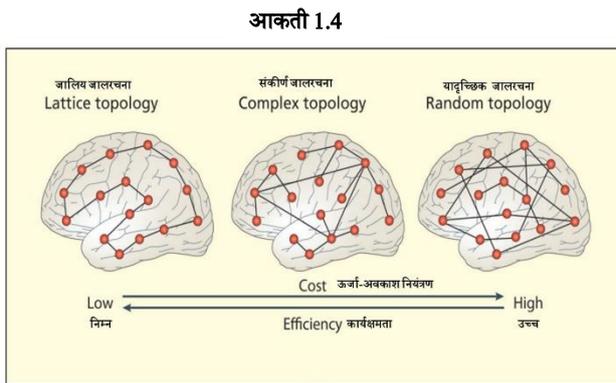
प्रमास्तिष्क बाह्यकाच्या भिन्न स्तरावर (एकूण 6 स्तर) वितरित असणाऱ्या पेशींच्या फरकावरून जर्मन मज्जाशास्त्रज्ञ कॉर्बिनिन ब्रॉडमन (1868-1918) यांनी मेंदूचा नकाशा तयार केला आहे. ज्यामध्ये त्यांनी एकूण 52 क्षेत्रे शोधली आहेत. मेंदू क्षेत्रे म्हणून ओळखण्या ऐवजी या क्षेत्रांना ब्रॉडमन यांच्या नावानेच ओळखले जाते. उदाहरणार्थ, BA17 म्हणजे Brodmann Area 17 असे. तथापि, बोधनिक मज्जाशास्त्रामध्ये या क्षेत्रांना त्यांच्या कार्यानुसार ओळखले जाते. जसे BA17 ला प्राथमिक दृश्य बाह्यक (primary visual cortex) म्हणून ओळखले जाते. कारण दृश्य उद्दिपकाच्या प्राथमिक प्रक्रियनाशी हे क्षेत्र संबंधित आहे.

## अ) मेंदूचे संघटन (Brain organisation)

मेंदू संघटन कसे असावे याचे निर्धारण करण्यासाठी दोन प्रकारच्या तत्वांचा उल्लेख बुलमोर आणि स्पॉर्न्स (2012) करतात. पहिले तत्व, **ऊर्जा-अवकाश नियंत्रण तत्व** (the principle of cost control) मेंदूमध्ये मज्जापेशींना जोडणारे शिखाबिंदू यामधील अंतर जितके मर्यादित व कमी असेल तितका ऊर्जा आणि जागेचा वापर कमी केला जाईल. दुसरे, **कार्यक्षमतेचे तत्व** (the principle of efficiency) (कार्यक्षमता म्हणजे संपूर्ण मेंदूमध्ये माहिती एकत्रित करण्याची मेंदूची क्षमता). मज्जापेशींना जोडणारे लांब अंतराचे अनेक शिखाबिंदू जोडल्याने कार्यक्षमता साध्य होते. पण ही दोन्ही तत्वे विरोधाभासी आहेत. कारण कमी ऊर्जा-अंतराने उच्च कार्यक्षमता दिसून येत नाही.

तथापि, कार्यक्षमतेच्या आधारावर (अधिक संबंध-अधिक अंतर) मेंदूचे संघटन झाले तर किती उत्तम होईल असे आपणास वाटेल. पण, मेंदूतील 100 अब्ज पेशी एकमेकांशी जोडल्या, तर मेंदू 12½ मैल इतका रुंद असणे आवश्यक आहे (वॉर्ड, 2015)! मात्र कोणत्याही मज्जापेशी जवळच्या मज्जापेशीशी जोडल्या जातात आणि कोणतीही मज्जापेशी सुमारे 10,000 पेक्षा जास्त मज्जापेशींशी जोडली जात नाही. परिणामतः ऊर्जा-अवकाश आणि कार्यक्षमता यामध्ये इष्टतम संतुलन आपला मेंदू साधतो.

**स्थानिक क्षेत्रे** (modules) (घट्टपणे समूहात जोडलेली छोटी क्षेत्रे) आणि **केंद्रीय क्षेत्रे** (hubs) (मेंदूतील इतर



क्षेत्रांशी मोठ्या संख्येने जोडली असणारी क्षेत्रे) यांच्यात महत्त्वाचा फरक आहे. ही एक कार्यक्षम संस्था आहे जी बस आगाराशी साधर्म्य दाखवून पाहिली जाऊ शकते जसे, स्थानिक बस स्थानकाद्वारे (स्थानिक क्षेत्रे) आणि काही मुख्य बस स्थानकाद्वारे (केंद्रीय क्षेत्रे) प्रवाशांच्या गरजा पूर्ण केल्या जातात. उच्च स्तरीय बोधनिक प्रक्रिया आणि बोधावस्थेशी संबंधित क्षेत्रांचा समावेश या केंद्रीय क्षेत्रांमध्ये होतो.

## ब) मेंदूतील हालचाली अभ्यासावयाची तंत्रे : (Techniques for studying brain activity)

तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीचा फायदा असा होतो की मेंदूचे कार्य आणि रचना याबद्दल तपशीलवार माहिती जाणून घेण्यासाठी आपल्याकडे अनेक मार्ग उपलब्ध आहेत. तत्वतः, मेंदूमध्ये विशिष्ट बोधनिक प्रक्रिया कुठे आणि केव्हा घडून येतात हे आपण शोधू शकतो. त्यामुळे एखादे बोधनिक कार्य करत असताना मेंदूची नेमकी कोणती क्षेत्रे सक्रिय होतात याचे निर्धारण करता येते. तसेच दोन बोधनिक कार्यात मेंदूतील समान क्षेत्रे कितपत समाविष्ट आहेत हे ही आपणास पाहता येते. मेंदूतील हालचालींचा अभ्यास करण्याच्या मुख्य तंत्रांबद्दल माहिती पुढे देण्यात आली आहे. पण यातील कोणते तंत्र सर्वोत्तम आहे? याचे एकमेव साधे उत्तर नाही. कारण प्रत्येक तंत्राची स्वतःची काही बलस्थाने आणि मर्यादा आहेत.

**1) एकल-एकक नोंदणी तंत्र (Single-unit recording) :** या तंत्रास एकपेशी नोंदणी तंत्र म्हणून देखील ओळखले जाते. या तंत्रामध्ये एका मज्जापेशीतील हालचाली अभ्यासण्यासाठी 100 nanometre (1/10,000th of a millimetre) इतका मेंदूमध्ये आत एक विद्युतबार घातला जातो. हे अतिशय संवेदनशील तंत्र आहे: एका व्होल्टच्या दशलक्षांश इतके कमी विद्युत

भार हे तंत्र शोधू शकते. इतर कोणत्याही तंत्रापेक्षा हे अधिक सूक्ष्म तंत्र आहे. तथापि, मानवावर या तंत्राचा खूप कमी वापर केला जातो.

**2) विद्युत मस्तिष्कालेख/मस्तिष्क तरंग आलेख (Electroencephalogram – EEG) :** टाळूच्या पृष्ठभागावर वेगवेगळ्या ठिकाणी होणाऱ्या मेंदूच्या विद्युत हालचालींच्या नोंदींवर हे तंत्र आधारित आहे. टाळूवर लावलेल्या विद्युतबार द्वारे मेंदूतील अगदी सूक्ष्म विद्युत हालचालींची नोंद हे तंत्र घेते आणि संगणकाच्या स्क्रीनवर ते पाहिले जाऊ शकते. तथापि, दरम्यान मेंदूमध्ये उत्स्फूर्तपणे आणि मागच्यामागे घडून येणाऱ्या हालचालीमुळे EEG ची नोंद करतेवेळी उद्दीपकच्या प्रक्रियनात अस्पष्टता येते.

वरील समस्येचे उत्तर म्हणजे एकच (किंवा अगदी सारखा दिसणारा) उद्दीपक वारंवार सादर करणे. त्यानंतर, EEG च्या विभागाद्वारे प्रत्येक उद्दीपकाचे अवलोकन करून प्रत्येक उद्दीपकाच्या उपस्थितीची वेळ नोंदवली जाते. यानंतर या विभागांची सरासरी करून एक तरंग केली जाते. यातून **घटना विभव/संबंधित सुप्रत्व (ERPs)** निर्माण होते. यामुळे मेंदूच्या मागच्यामागे उत्स्फूर्तपणे घडून येणाऱ्या हालचालींचा परिणाम ओळखता येतो. एखाद्या नवीन उद्दीपकास मेंदूद्वारे प्रतिक्रिया दिल्यानंतर निर्माण होणाऱ्या संकेतांची नोंद घटना विभव/संबंधित सुप्रत्व करते. ERP द्वारे उत्कृष्ट कालिक प्रतिमास्पष्टता (temporal resolution) मिळते, अगदी काही मिलिसेकंदांमध्ये घडून आलेल्या प्रक्रिया दर्शिवल्या जातात. उद्दीपक उपस्थित झालेपासून अगदी मिलिसेकंदाच्या कालावधीमध्ये सकारात्मक (P) आणि नकारात्मक (N) उच्चांक (घसरण) ERP मस्तिष्क लेखामध्ये दाखवले जातात. उदाहरणार्थ, N400 म्हणजे 400 ms पर्यंत दिसून आलेला नकारात्मक उच्चांक होय. वार्तनिक मापन पद्धती जसे प्रतिक्रियाकाळ, सामान्यतः प्रत्येक प्रयत्नावेळचा फक्त एकच मापन कालावधी पुरविते, तर ERPs द्वारे सातत्यपूर्ण मापन कालावधी पुरविले जातात. तथापि, कवटी आणि मेंदूच्या ऊती मेंदूच्या विद्युत क्षेत्रांचे विरूपण करतात. त्यामुळे मेंदूचे कोणते क्षेत्र नेमके प्रक्रियनात अधिक गुंतले आहे हे ERP ला अचूकपणे सांगता येत नाही. उद्दीपक जेव्हा साधा आणि बोधनिक प्रक्रिया अधिक गुंतागुंतीच्या नसतात तेव्हा ERPs अधिक उपयुक्त ठरतात. गुंतागुंतीची बोधनिक कार्ये (उदाहरणार्थ, समस्या परिहार) आपण याद्वारे मापू शकत नाही. कारण वाढलेल्या सरावाने प्रयुक्ताद्वारे केल्या जाणाऱ्या बोधनिक प्रक्रिया बदलतात.

**3) पॉझिट्रॉन उत्सर्जन प्रतिमा छायांकन/पेट स्कॅन (Positron Emission Tomography – PET) :** हे तंत्र पॉझिट्रॉन्स (काही किरणोत्सर्गी पदार्थाद्वारे उत्सर्जित केलेले जाणारे अणू कण) च्या शोधावर आधारित आहे. किरणोत्सर्गी लेबल केलेले पाणी (ट्रेसर) शरीरात इंजेक्ट केले जाते आणि मेंदूच्या रक्तवाहिन्यांमध्ये हे पाणी वेगाने जमा होते. जेव्हा प्रमस्तिष्क बाह्यकाचा भाग सक्रिय होतो, तेव्हा लेबल केलेले पाणी तेथे वेगाने वाहते. तेव्हा स्कॅनिंग मशीन द्वारे किरणोत्सर्गी पाण्यातून उत्सर्जित होणाऱ्या पॉझिट्रॉन्सचे मापन केले जाते आणि परिणामतः वेगवेगळ्या मेंदूच्या भिन्न क्षेत्रांमधील हालचालींच्या पातळीची चित्रे मिळतात. 5-10 मिमीच्या आत स्थित कोणत्याही सक्रिय मेंदू क्षेत्राची वाजवी अवकाशीय प्रतिमास्पष्टता या तंत्राद्वारे मिळते. तथापि, खूप निकृष्ट कालिक प्रतिमास्पष्टता या तंत्राद्वारे दिली जाते. मेंदूतील कोणत्याही क्षेत्रातील हालचाली जवळपास 30 ते 60 सेकंद इतक्या कालावधीसाठी हे तंत्र दाखवू शकते. परिणामतः PET ची जागा आता मोठ्या प्रमाणात fMRI ने घेतली आहे.

**4) चुंबकीय अनुनाद प्रतिमान तंत्र आणि कार्यात्मक चुंबकीय अनुनाद प्रतिमान तंत्र (Magnetic Resonance Imaging-MRI and fMRI) :** MRI मध्ये खूप मोठे चुंबक (11 टन पर्यंत वजनाचे) असलेल्या MRI स्कॅनरचा वापर केला जातो. यामुळे निर्माण होणाऱ्या मजबूत चुंबकीय क्षेत्रामुळे मेंदूमध्ये प्रोटॉन (अणूचे छोटे कण) चे एका ओळीत किंवा योग्य स्थितीत एकत्रीकरण केले जाते. यानंतर एक संक्षिप्त रेडिओ-फ्रिक्वेंसी पल्स लागू केली जाते, ज्यामुळे एकत्रित प्रोटॉन फिरतात आणि त्यांची मूळ जागा पुन्हा मिळवतात ज्यामुळे अल्प प्रमाणात ऊर्जा उत्सर्जित करतात. MRI मध्ये ज्या ठिकाणी अधिक ऊर्जा उत्सर्जित केली जाते त्या ठिकाणचे क्षेत्र अधिक तेजस्वी दिसते. MRI स्कॅनिंग वेगवेगळ्या कोणातून करता येते. परंतु या तंत्राद्वारे मेंदूच्या कार्याऐवजी फक्त मेंदूच्या संरचनेबद्दल माहिती मिळते.

आनंदाची बाब म्हणजे, MRI चा वापर **कार्यात्मक चुंबकीय अनुनाद प्रतिमान तंत्राच्या (fMRI)** स्वरूपात बोधनिक कार्या दरम्यान मेंदू मधील कार्यात्मक माहिती जाणून घेण्यासाठी देखील केला जाऊ शकतो. मेंदूमधील पेशी जेव्हा ऑक्सिजनचे सेवन करतात तेव्हा **प्राणवायूयुक्त हिमोग्लोबिन** (ऑक्सिजन आणि रक्त यांची जोड) (Oxyhaemoglobin) **प्राणवायूविरहित हिमोग्लोबिन** मध्ये (ऑक्सिजन आणि रक्ताची जोड वेगळी होते) रूपांतरित (deoxyhaemoglobin) होतात. ऑक्सिजन आणि रक्ताची जोड वेगळी झाल्याने स्थानिक चुंबकीय क्षेत्राचे विरूपण होते. या विरूपणाचे fMRI द्वारे मापन करून मेंदूतील किती रक्त ऑक्सिजन विरहित आहे याचे मापन पुरविले जाते. थोडक्यात चुंबकीय क्षेत्रामुळे मेंदूच्या सक्रिय क्षेत्रांमधील वाढलेल्या रक्तप्रवाहातील ऑक्सिजनचे मापन या तंत्राद्वारे होते. तांत्रिकदृष्ट्या, fMRI च्या भाषेत या मोजमापास BOLD (blood oxygen-level-dependent contrast) म्हणून ओळखले जाते. हालचालींमुळे निर्माण होणाऱ्या BOLD संकेतामध्ये बदल होण्यास थोडा वेळ लागतो, त्यामुळे fMRI ची कालिक प्रतिमास्पष्टता 2 किंवा 3 सेकंद राहते. आणि, अवकाशीय प्रतिमास्पष्टता अंदाजे 1 मिमी इतकी चांगली राहते. त्यामुळे PET पेक्षा अधिक चांगली कालिक आणि अवकाशीय प्रतिमास्पष्टता fMRI द्वारे मिळते.

समजा, लोकांना काही उद्दीपक स्मरणात राहतात तर काही नाही. हे का होते? हे समजून घ्यायचे असेल तर आपण **घटना-विभव कार्यात्मक चुंबकीय अनुनाद प्रतिमान तंत्र वापरू शकतो (efMRI)** वापरू शकतो, ज्यामध्ये आपण स्मरणात ठेवलेल्या आणि विस्मरण झालेल्या उद्दिपकासाठी प्रत्येक प्रयुक्ताच्या मेंदूच्या सक्रियतेच्या आकृतिबंधाचा अभ्यास करतो. याबाबत वॅगनर आणि सहकारी (1998) यांना अध्ययना दरम्यान स्मरणात ठेवलेल्या शब्दांपेक्षा विस्मरीत शब्दांवर निम्न प्रक्रियन झाल्याचे दिसले.

**5) चुंबकीय-मस्तिष्कालेख (Magneto-Encephalography MEG):** मेंदूद्वारे निर्माण केलेले विद्युत प्रवाह जे चुंबकीय क्षेत्राशी जोडलेले असतात त्या चुंबकीय क्षेत्राचे मापन या तंत्राद्वारे केले जाते. याकरिता टाळूवर लावलेल्या किमान 200 उपकरणांचा समावेश असतो. या तंत्राद्वारे खूप चांगली अवकाशीय आणि कालिक प्रतिमास्पष्टता मिळते. तथापि, अतिशय महागडे असल्या कारणाने या तंत्राचा खूप मर्यादित उपयोग होतो.

**6) ट्रान्सक्रॅनियल चुंबकीय उत्तेजन (Transcranial Magnetic Stimulation - TMS)**

या तंत्रात एक कॉइल (बरेचदा जी आठ अंकाच्या आकाराची असते) प्रयुक्ताच्या डोक्याच्या अगदी जवळ लावली जाते. ज्यामधून अतिशय संक्षिप्त (1 मि.से. च्या पेक्षा कमी) चुंबकीय विद्युत प्रवाह प्रवाहीत केला जातो. यामुळे एक अल्प काळ चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. ज्यामुळे मेंदूतील बाधित क्षेत्रात विद्युत उद्दिपन निर्माण होते. सरावादरम्यान अनेक चुंबकीय विद्युत

लहरी जलद क्रमाने दिल्या जातात. याला पुनरावृत्त ट्रान्सक्रॅनियल चुंबकीय उद्दिपन (rTMS) असे म्हणतात. या तंत्राच्या परिणामाची तुलना करण्यास योग्य नियंत्रित परिस्थिती कोणती? याबाबत TMS च्या वापरासहितचे आणि वापराविना कार्यनिर्वर्तनाची आपण तुलना करू शकतो. तथापि, TMS मोठा आवाज करते आणि कपाळाच्या बाजूला स्नायुमध्ये आकस निर्माण होतो. यामुळे कार्यनिर्वर्तनात हास दिसून येतो. बरेचदा कार्यनिर्वर्तनाशी असंबंधित मेंदू क्षेत्रांमध्ये TMS चे उपयोजन करणे अधिक सोईस्कर ठरते. त्यामुळे असे भाकीत केले जाते की कार्यनिर्वर्तनाशी संबंधित मेंदू क्षेत्रांमध्ये हे तंत्र वापरल्यास कार्यनिर्वर्तन अधिक निकृष्ट दिसून येते. कारण यामुळे त्या मेंदू क्षेत्रास तात्कालिक क्षती किंवा व्यत्यय निर्माण होतो.

### 1.3 संगणकीय बोधनिक शास्त्र (COMPUTATIONAL COGNITIVE SCIENCE)

संगणकीय प्रतिरूपण (Computational modelling) आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता (Artificial intelligence) यामध्ये महत्वपूर्ण फरक आहे. संगणकाच्या आधारे मानवी बोधनिकता समजून घेण्यासाठी मानवी बोधनिकतेची हुबेहूब नक्कल असणारी संगणक प्रणाली बनविण्याचा समावेश संगणकीय प्रतिरूपणामध्ये होतो (टाटगेन आणि इतर., 2016). याउलट, बुद्धिमान परिणाम (निष्पत्ती) देणारी पण मनुष्यपेक्षा भिन्न मार्गाने काम करणारी संगणक प्रणाली बनविण्याचा समावेश कृत्रिम बुद्धिमत्तेमध्ये होतो. IBM कंपनीने बनविलेल्या डीप ब्लू या संगणकाचे उदाहरण घ्या. 11 मे 1997 रोजी जागतिक बुद्धिबळ विजेता गॅरी कास्परोव्हचा पराभव या संगणकाने केला. बुद्धिबळ खेळताना या संगणकाने प्रती सेकंद 200 दशलक्ष पर्यंत पोजिशन्सचे प्रक्रियन केले, जे नक्कीच कोणत्याही मानवी बुद्धिबळपटूपेक्षा खूप जास्त आहे.

IBM द्वारे बनविण्यात आलेले वॉटसन नावाचे संगणक देखील कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या अफाट शक्तीचे एक उत्तम उदाहरण आहे. या संगणकाने अमेरिकन क्विझ शो Jeopardy मध्ये या शोमधील दोन सर्वात यशस्वी मानवी स्पर्धकांविरुद्ध स्पर्धा जिंकली. 14 आणि 16 फेब्रुवारी 2011 दरम्यान झालेल्या स्पर्धेत वॉटसनने \$1 दशलक्ष (6.5 करोड भारतीय रुपये) प्रथम पारितोषिक जिंकले. वॉटसनकडे 10 दशलक्ष दस्तऐवज (म्हणजेच साहित्याची 200 दशलक्ष पाने) उपलब्ध होती. पण विचारल्या जाणाऱ्या प्रश्नांमधील सूक्ष्मतेबाबत वॉटसन मध्ये संवेदनशीलता कमी होती.

भूतकाळात (आणि आजकाल देखील), अनेक प्रायोगिक बोधनिक मानसशास्त्रज्ञांनी त्यांचे सिद्धांत शाब्दिक स्वरूपात मांडले. त्यामुळे एखाद्या सिद्धांतातून कशाचे भाकीत होते किंवा एखादा पुरावा अचूक लागू होतो की नाही याचे निर्धारण करणे कठीण जाई. परिणामतः सैद्धांतिक एका अनैच्छिकपणे ढवळाढवळीच्या चौकटीत (wobble room) बांधले गेले (मर्फी, 2011) याउलट, एखाद्या सिद्धांताबाबत कसे व्यक्त व्हावे हे संगणकीय प्रारूपांमधून सैद्धांतिकांस लक्षात आले (मर्फी, 2011). म्हणून सिद्धांत उपयोजनात आणल्याने, सिद्धांतातील एखादे छुपे गृहितक किंवा अभेद्य संकल्पना जाणून घेण्यास मदत होते. त्यामुळे सैद्धांतिकांस ही माहीत नसते अशा गोष्टींचे भाकीत सिद्धांतामधून संगणकीय प्रारूपांमुळे होते हे स्पष्ट होते!

संगणकाची आणि मनुष्याची कामगिरी यामध्ये फरक पडतो (कॉस्टेलो आणि कीन, 2000). उदाहरणार्थ, जसे एकच कार्य करत असताना संगणकाची गती आणि मनुष्याची गती यामध्ये तफावत दिसते. परिणामतः एकाच कार्यासाठी लागणाऱ्या वेळेत फरक दिसतो. कारण मनुष्याच्या तुलनेत संगणकाचे कार्य गतिशीलपणे चालते.

## अ) संगणकीय प्रारूपांचे प्रकार (Types of models)

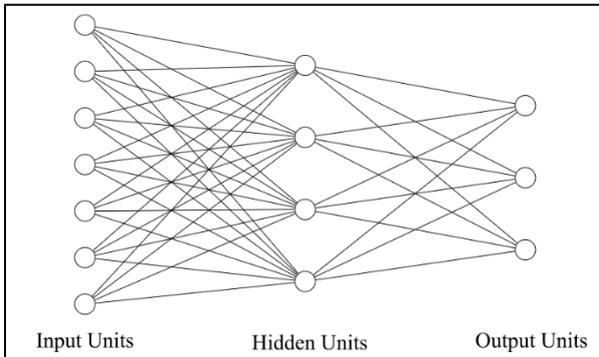
बहुतेक संगणकीय प्रारूपे मानवी बोधनिकतेच्या विशिष्ट पैलूंवर भर देतात. बहुतांश महत्वाकांक्षी संगणकीय प्रारूपे बोधनिक बांधणी (cognitive architectures) पुरवितात. **संगणक प्रणालीच्या स्वरूपात मानवी बोधनिकता समजून घेण्यासाठीची एक बहुविध/सर्वसमावेशक चौकट म्हणजे बोधनिक बांधणी होय** (Comprehensive framework for understanding human cognition in the form of a computer program). "मनाच्या (बोधनिकतेच्या) संरचनेची निश्चित प्रारूपे " ("models of the fixed structure of the mind") अशी व्याख्या रोसेनब्लूम व सहकारी (2017) करतात. मागील काही वर्षांपासून अंदाजे 300 बोधनिक बांधण्या प्रस्तावित आहेत (कोत्सेरुबा आणि त्सोत्सोस, 2018).

### 1) संबंधवाद (Connectionism)

हे संगणकीय शास्त्रातील एक प्रारूप आहे. संबंधवादी प्रारूपांमध्ये (ज्यांना चैतीय जाल प्रारूपे असे देखील म्हणतात) चैतीय जाळ्यातील एकमेकांशी जोडलेल्या **मूलभूत एककांचा किंवा शिखाबिंदूंचा** (units or nodes) समावेश होतो. ज्यातून अनुभव आणि ज्ञानाचे विशिष्ट घटक अनेक मूलभूत एककांमध्ये वितरित होऊन अध्ययन झालेली फलनिष्पत्ती प्रदर्शित होते. उद्दिष्टाचे प्रक्रियन करण्यासाठी अनेक एकाकांचे एकाच वेळी सक्रियन या प्रारूपानुसार होते.

या प्रारूपांमध्ये मूलभूत एककांचा उपयोग केला जातो. जी भिन्न स्तरावर एकमेकांशी एकत्रित जोडलेली असतात. **पहिला, नोंदणी स्तर (Input layer)** जो माहितीची नोंद करतो/पुरवितो. **दूसरा, सुप्त स्तर (Hidden layer)** माहितीची नोंद झाल्याने सक्रिय झालेली माहिती या स्तरावरील एकाकांमध्ये फैलावली जाते. **तिसरा, फलनिष्पत्ती स्तर (Output layer)**

आकृती 1.5



दुसऱ्या स्तरावर सक्रिय झालेल्या माहितीचा फैलाव या स्तरातील एककांमध्ये होतो.

माहिती एकाकांद्वारे जोडली कशी जाते हे शेजारील आकृतीतून स्पष्ट होते. नोंदणी एकक-1 सक्रिय असल्यास, फलनिष्पत्ती एकक-1 देखील सक्रिय होतो. नोंदणी एकक 1 आणि 2 सक्रिय असल्यास, फलनिष्पत्ती एकक 3 सक्रिय होईल. सर्व नोंदणी एकक सक्रिय असल्यास, फलनिष्पत्ती एकक-10

सक्रिय होईल. तथापि, प्रत्यक्ष मिळालेली फलनिष्पत्ती आणि योग्य/अचूक फलनिष्पत्तीची तुलना हे प्रारूप करते. दोन्हीमध्ये विसंगती असल्यास, अचूक फलनिष्पत्ती साठी एककांतील संबंधामध्ये संतुलन राखण्यास हे प्रारूप शिकते. यालाच **प्रमादांचा प्रतिगामी फैलाव** (backward propagation of errors) किंवा **प्रतिगामी फैलाव** (back-propagation) असे म्हणतात. यामुळे प्रत्यक्ष प्रतिक्रिया आणि अचूक प्रतिक्रिया यांची तुलना करून योग्य प्रतिक्रिया देण्यास प्रारूप शिकते.

मूळ प्रारूपातील संरचनेच्या आधारे अनेक संबंधवादी प्रारूपांची रचना झाली. अलीकडील प्रारूपांमध्ये (वरती केल्याप्रमाणे) सुप्त स्तरांचा समावेश आहे. यांना **सखोल चैतीय जाल** (deep neural networks) असे म्हणतात. संबंधवादी प्रारूपामध्ये माहितीच्या/ज्ञानाच्या **वितरित सादरीकरणाचा** (distributed representations) समावेश होतो (बॉवर्स, 2017). ज्यामध्ये प्रत्येक एकक अनेक उद्दीपकांना प्रतिसाद देतो. ज्यातून समग्र एकाकांच्या सक्रियनातून तयार होणाऱ्या आकृतिबंधाद्वारे शब्द किंवा वस्तूचे सादरीकरण होते. तर इतर संगणकीय प्रारूपांमध्ये माहितीच्या/ज्ञानाच्या **स्थानिक**

**सादरीकरणाचा** (localist representations) समावेश होतो. ज्यामध्ये, प्रत्येक एकक एकाच अर्थपूर्ण उद्दीपक श्रेणीला (उदा. दिलेला शब्द किंवा वस्तू) अधिक सक्रियपणे प्रतिसाद देतो.

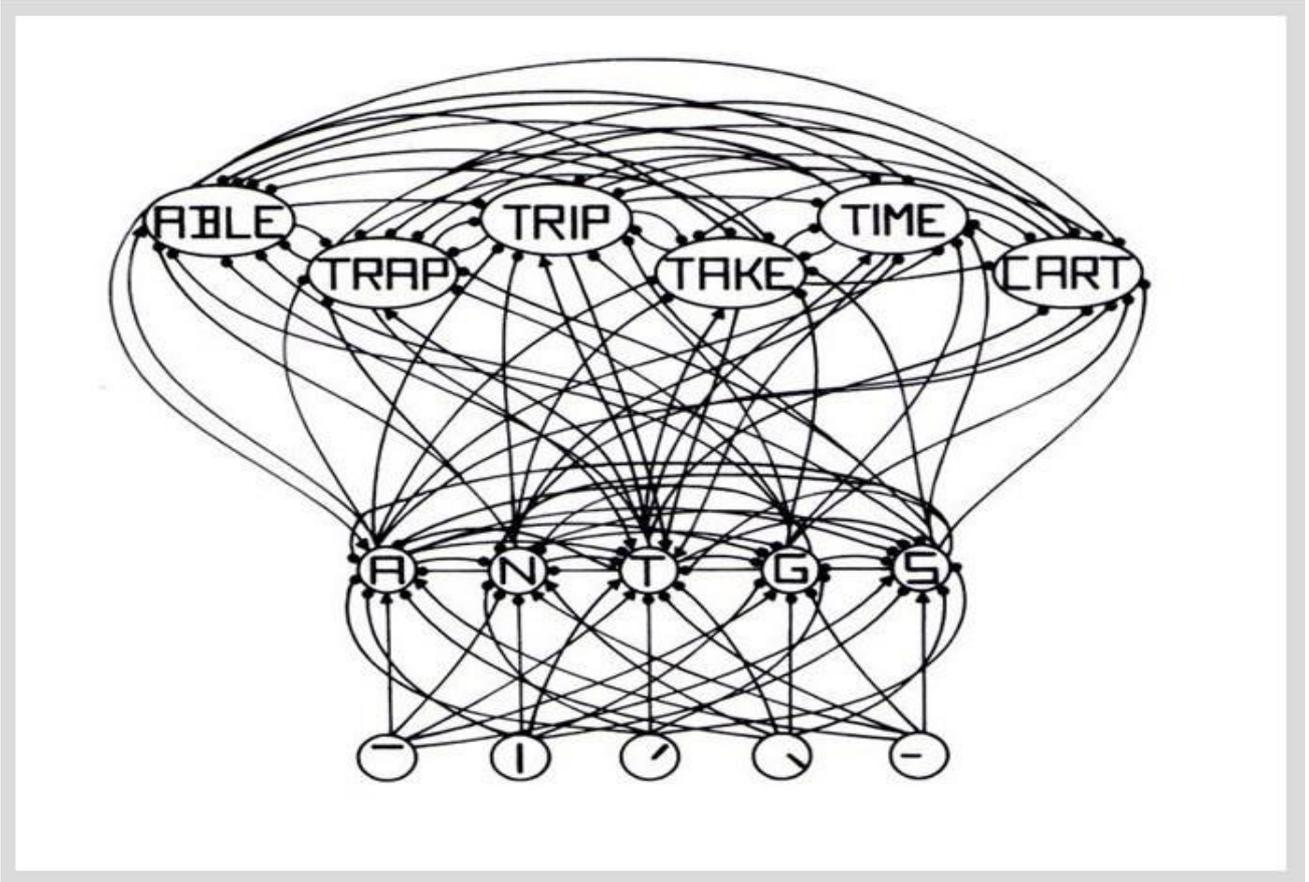
रुमेलहार्ट व त्याचे सहकारी (1986) आणि मॅकक्लेलॅंड आणि सहकारी (1986) यांनी त्यांच्या समांतर वितरित प्रक्रियन प्रारूपांमधून (parallel distributed processing models) सर्वप्रथम संबंधवादी दृष्टीकोणास चालना दिली. इतर प्रारूपा प्रमाणे ही प्रारूपेही अध्ययन फलनिष्पत्तीचे स्पष्टीकरण करतात. इतर प्रभावशाली संबंधवादी प्रारूपांमध्ये प्लौट आणि सहकार्यांचे (1996) वाचन प्रारूप (reading model) आणि मॅक्लेलॅंड आणि एलमन चे (1986) उच्चारित शब्द प्रत्यभिज्ञान (spoken word recognition) चे TRACE प्रारूप यांचा समावेश.

याउलट, **स्थानिक सादरीकरणावर आधारित** संगणकीय प्रारूपे अध्ययन फलनिष्पत्ती प्रदर्शित करत नाहीत. कारण संकल्पनांच्या सादरीकरणामध्येच सर्व आवश्यक माहिती समाविष्ट असते.

स्थानिक सादरीकरणावर भर देणारी प्रारूपे जैविक दृष्ट्या अयोग्य आहेत असे गृहीत धरले गेले आहे. कारण की एक मज्जापेशी दिलेल्या श्रेणीतील उद्दिपकास प्रतिसाद देते असे ते सुचवितात. तथापि, अनेक मज्जापेशी सक्रिय झाल्याच्या दिसतात पण उद्दिपकाच्या अगदी लहान अंशाला प्रतिसाद देतात. तथापि, वितरित सादरीकरणावर भर देणाऱ्या प्रारूपापेक्षा अयोग्य आहेत का हे मात्र स्पष्ट नाही (बॉवर्स, 2017).

आकृती 1.6

**मॅक्लेलॅंड आणि रुमेलहार्ट (1981) यांचे संबंधात्मक प्रारूप**



## ब) निर्मिती प्रणाली (Production systems)

"जर हिरवा दिवा लागला असेल तर रस्ता ओलांडू शकतो." या कृतीचा विचार केल्यास दिवा लागले पासून रस्ता ओलांडण्या पर्यंतच्या माहितीचे प्रक्रियन कसे होत असावे याचे उत्तर निर्मिती प्रणालीतून (Production systems) मिळते. "जर.... तरचे" असंख्य नियम आणि कार्यरत स्मृतीमधील माहितीचा समावेश असणारी यंत्रणा म्हणून निर्मिती प्रणालीकडे पाहता येईल (These consist of very large numbers of "if ... then" production rules and a working memory containing information). निर्मिती प्रणालीमध्ये अनेक "जर.... तरच्या" निर्मिती नियमांचा (Production rules) समावेश होतो. "जर.... तर" किंवा परिस्थितीनुरूप-कृती नियम म्हणजे ज्यामध्ये योग्य परिस्थिती असताच कृती केली जाते (Production rules "IF . . . THEN" or condition-action rules in which the action is carried out whenever the appropriate condition is present). निर्मिती नियम अनेक स्वरूप धारण करू शकता. आणि या सर्व प्रक्रियेत कार्यरत स्मृतीचा देखील समावेश होतो. कारण, सध्यास्थितीत प्रक्रियन होत असलेली माहिती धारण करून ठेवण्याचे काम कार्यरत स्मृती करते. जसे, जर वातावरणातून, "हिरवा दिवा लागला आहे" अशी माहिती कार्यरत स्मृतीपर्यंत पोहोचली, तर ही कार्यरत स्मृतीतील जरची माहिती दीर्घकालीन स्मृतीमधील जरच्या माहितीशी जुळवून "रस्ता ओलांडू शकता" हा तरचा नियम लागू केला जातो.

निर्मिती प्रणालीमध्ये भिन्नता असू शकते. परंतु सामान्यतः खालील वैशिष्ट्ये निर्मिती प्रणालीत दिसून येतातः

- असंख्य जर . . . तरचे नियम;
- सध्यास्थितीतील माहितीचा समावेश असलेली कार्यरत स्मृती;
- जर .. तरच्या नियमांची जुळवाजुळव करून कार्यरत राहणारी निर्मिती प्रणाली;
- जर कार्यरत स्मृतीमधील माहिती दीर्घकालीन स्मृतीमधील जरच्या दोन नियमांशी जुळत असेल तर, संघर्ष-निराकरण युक्तिद्वारे एकाची निवड केली जाते.

मानवी बोधनिकता कशी चालत आसवी याचे स्पष्टीकरण करणारे अँडरसन व त्याचे सहकारी (2004, 2008) यांचे विचार तार्किकतेचे समायोजित नियंत्रण - ACT-R प्रारूपाचा देखील संदर्भ या ठिकाणी घेतला पाहिजे. कारण, यांनी सांगितलेल्या कार्यविशेषतः क्षेत्रांपैकी कार्यपद्धती कार्यविशेषतः क्षेत्र (Procedural module), पुढे कोणती कृती करावी यासाठी जर .. तरच्या नियमांचा उपयोग करते. तलगांडिकेतील सपुच्छ केंद्रकाच्या डोक्याशी हा भाग स्थित असतो.

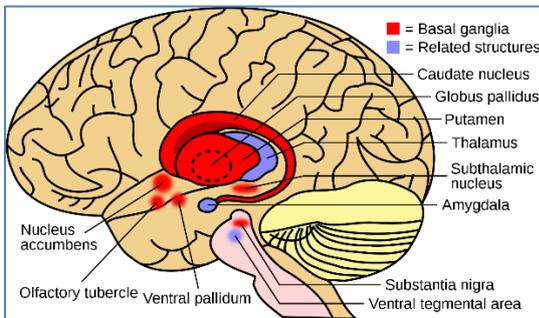


Image credit : By File:BrainCaudatePutamen.svg. User:LeevanjacksonDerivative work: User:SUM1 - Derivative work based on File:BrainCaudatePutamen.svg. CC BY-SA 4.0. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=85845448>