नॉर्वे की विज्ञान एवं साहित्य अकादमी (The Norwegian Academy of Science and Letters) ने न्यूयॉर्क के कुरैंट गणित विज्ञान संस्थान (Courant Institute of Mathematical Sciences, New York) के

श्रीनिवास एस.आर. वर्धन (Srinivasa S. R. Varadhan)

को संभावना सिद्धांत और विशेषकर बड़े अंतर (large deviations) के एकीकृत सिद्धांत के प्रति उनके मूल योगदान के लिए 2007 का अबेल पुरस्कार (Abel Prize) देने का निर्णय लिया है।

संभावना सिद्धांत (probability theory) अवसर पर आधारित परिस्थितियों के विश्लेषण–आकलन का गणितीय उपकरण/माध्यम है। जैकबबर्नोली (Jacob Bernoulli) द्वारा 18वीं शताब्दी में खोजे गए विशाल/वृहत् संख्याओं संबंधी नियम से पता चलता है कि सिक्के उछालने के लम्बे सिलसिले का औसत परिणाम आमतौर पर अपेक्षित मूल्य के आसपास ही होता है। फिर भी अनपेक्षित आशा के विपरीत घटित हो जाता है और प्रश्न यही उठता है कि कैसे? बड़े अंतरों के सिद्धांत में दुर्लभ/अनपेक्षित घटनाओं के घटित होने का अध्ययन किया जाता है। इस विषय का भौतिकशास्त्र, जीवविज्ञान, अर्थशास्त्र, सांख्यिकीशास्त्र, कंप्यूटर साइंस और इंजीनियरिंग जैसे विविध क्षेत्रों में ठोस प्रयोग होता है।

विशाल संख्याओं के नियम के अनुसार एक दिए हुए स्तर से आगे अंतर की संभावना शून्य हो जाती है। लेकिन, व्यावहारिक प्रयोगों के लिए यह जानना ज़रूरी है कि यह कितनी जल्दी समाप्त होती है। उदाहरण के लिए, किसी बीमा कंपनी को भुगतान कर पाने में असमर्थता की संभावना को मान्य स्तर से कम रखने के लिए कितनी आरक्षित पूंजी की आवश्यकता होगी? ऐसी वास्तविक "विनाश संबंधी समस्याओं" का विश्लेषण करते समय हेराल्ड क्रैमेर (Harald Cramér) ने 1937 में खोज की कि केंद्रीय सीमा प्रमेय (Central Limit Theorem) (जैसा कि बेल कर्व में दिखाया गया है) पर आधारित मानक अनुमान वास्तव में भ्रामक हैं। फिर उन्होंने स्वतंत्र तात्कालिक परिवर्तियों (independent random variables) की एक शृंखला के लिए बड़े अंतरों का पहला नज़दीकी अनुमान लगाने में कामयाबी प्राप्त की। वर्धन (Varadhan) को सामान्य सिद्धांतों की खोज करने में 30 वर्ष लग गए और तभी वे स्वतंत्र परीक्षणों की परंपरागत सेटिंग से आगे निकलकर इन सिद्धांतों की जबर्दस्त संभावना दिखाना भी शुरू कर पाए।

1966 में प्रकाशित अपने सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण लेख "असिम्टॉटिक प्रोबेबिलिटीज़ एंड डिफरेंशियल इक्वेशन्स (Asymptotic probabilities and differential equations)" में और 1969 में यूक्लिडीन क्वांटम फील्ड थ्योरी (Euclidean quantum field theory) की पोलैरॉन प्रॉब्लम (polaron problem) (पहेली) के अपने आश्चर्य में डालने वाले समाधान में वर्धन ने बड़े अंतरों की सामान्य थ्योरी विकसित करने की दिशा में शुरुआत कर दी थी जो कन्वर्जेंस रेट्स (दरों) के परिमाणात्मक सुधार से कहीं ज्यादा ही कुछ था। इससे एक बुनियादी सवाल सामने आता है: यदि स्टॉकैस्टिक सिस्टम (stochastic system) बड़ी संख्याओं के किसी कानून के द्वारा की गई भविष्यवाणी के अनुरूप एर्गोडिक व्यवहार से भिन्न होता है या यह डिटर्मिनिस्टिक सिस्टम (deterministic system) के छोटे विचलन (पर्टर्बेशन) के रूप में सामने आता है तो उस स्टॉकैस्टिक सिस्टम का व्यवहार कैसा होगा? इस प्रश्न के उत्तर की कुंजी एक शक्तिशाली परिवर्तनीय सिद्धांत है जिसके अंतर्गत अनपेक्षित व्यवहार को ऐसे नए संभावनात्मक मॉडल के रूप में परिभाषित किया जाए जिसमें प्रारंभिक/मूल संभावना माप को उपयुक्त न्यूनतम एंट्रॉपी दूरी तक कम कर दिया जाए। मार्कोव (Markov) प्रक्रियाओं के संदर्भ में बड़े अंतरों की (वंशानुगत) परंपरा का पता लगाने के लिए मोनरो डी डोंस्कर (Monroe D. Donsker) के साथ मिलकर लिखे गए लेखों की शृंखला में वर्धन ने नई पद्धति की सामयिकता और उसकी शक्ति दिखा दी। ब्राउन के मोशन पाथ (Brownian motion path यानी "वाइनर सॉसेज" ("Wiener sausage") कहा जाने वाला (गतिमार्ग) के ट्यूबुलर पड़ोस के अधिक समय वाले असिम्प्टोटिक्स से संबद्ध मार्क कैच (Mark Kac) की परिकल्पना का समाधान एक महत्त्वपूर्ण प्रयोग है।

वर्धन के बड़े अंतरों के सिद्धांत से क्वांटम फील्ड थ्योरी, सांख्यिक भौतिकशास्त्र, जनसंख्या डाइनैमिक्स, इकॉनोमेट्रिक्स और फाइनेंस, और यातायात इंजीनियरिंग जैसे विविध क्षेत्रों में जटिल (उलझनभरी) स्टॉकैस्टिक प्रणालियों में उत्पन्न होने वाली विभिन्न क्रियाओं को स्पष्ट करने का एकीकृत और कुशल तरीका उपलब्ध होता है। इससे दुर्लभ (कभी–कभार होने वाली) घटनाओं को तेज़ करने और उनके घटित होने के कारणों का विश्लेषण करने के वास्ते कंप्यूटरों को इस्तेमाल करने की हमारी क्षमता भी काफी बढ़ जाती है। पिछले चालीस वर्षों में, बड़े अंतरों का सिद्धांत पूर्ण एवं व्यावहारिक दोनों तरीकों से आधुनिक संभावना के संदर्भ में विशेष महत्त्वपूर्ण बन गया है।

वर्धन ने संभावना के क्षेत्रों में अनेक अन्य उल्लेखनीय योगदान किए हैं। उन्होंने डेनियल डब्ल्यू. स्ट्रूक (Daniel W. Stroock) के साथ किए गए एक संयुक्त शोध में स्टॉकैस्टिक डिफरेंशियल इक्वेशन्स (stochastic differential equations) के समाधानों जैसी डिफ्यूज़न प्रक्रियाओं की विशेषताएं स्पष्ट करने की एक मार्टिनगेल पद्धति विकसित की। यह नई पद्धति नई मार्कोव प्रक्रियाओं के निर्माण का अत्यंत ही शक्तिशाली तरीका साबित हुई, उदाहरणार्थ–जनसंख्या जेनेटिक्स में पैदा होने वाले इनफिनिट–डाइमेंशनल डिफ़्यूजन (infinite-dimensional diffusions)।

एक अन्य प्रमुख विषय है इंटरएक्टिंग पार्टिकल्स (interacting particles) की अति विशाल प्रणालियों के मैक्रोस्कोपिक व्यवहार को परिभाषित करने वाली हाईड्रोडाइनामिकल सीमाओं का विश्लेषण। पहली बड़ी सफलता माओझेंग गुओ (Maozheng Guo) और जॉर्ज सी. पापानिकोलाऊ (George C. Papanicolaou) के ग्रेडिएंट मॉडलों पर आधारित संयुक्त शोधकार्य में प्राप्त हुई। वर्धन तो नॉन–ग्रेडिएंट मॉडलों को संभालने या हैंडल करने के तरीके समझाते हुए और भी काफी आगे निकल गए और उन्होंने इस सिद्धांत का अत्यधिक विस्तार भी किया। उनकी धारणाओं का तात्कालिक हालात में तात्कालिक कदमों के विश्लेषण पर भी ज़ोरदार असर पड़ा। अब तो उनका नाम "व्यूइगं द एनवायर्नमेंट फ्रॉम द ट्रैवलिंग पार्टिकल" ("viewing the environment from the travelling particle") यानी "गतिशील कण से समग्र पर्यावरण को देखना" वाली विधि से जोड़ा जाता है जो इस क्षेत्र का एक दुर्लभ और प्रभावी माध्यम है।

वर्धन के शोधकार्य में असीम धारणागत शक्ति है और शाश्वत सौन्दर्य भी है। उनके विचार बेहद प्रभावी रहे हैं और लम्बे समय तक आगे अनुसंधान तथा शोधकार्य जारी रखने की प्रेरणा देते रहेंगे।